

# 초보를 위한 AI 피트니스 트레이너

조동휘, 성무진  
경희대학교 컴퓨터공학부  
e-mail : zandhi98@khu.ac.kr

## AI Trainer for Fitness Beginner

DongHwee Cho, Mujeen Sung  
School of Computing  
Kyung Hee University

### 초록

AITrainer는 운동 자세 교정, 운동 강도 추천, 맞춤형 식단 제안의 세 가지 주요 기능을 제공하는 AI 기반 헬스 트레이닝 시스템입니다. 자세 교정 기능은 다양한 포즈 추정 모델(Google Teachable Machine, Mediapipe Pose, ChatGPT 기반 모델)을 비교 분석하여 최적의 모델을 선정했습니다. 특히 Improved ChatGPT는 척추 정렬 문제를 포함한 모든 클래스에서 우수한 성능을 보여, AITrainer의 핵심 자세 교정 모델로 채택되었습니다.

운동 강도 추천은 Lee et al. 공식<sup>1</sup>을 활용하여 사용자 골격근량을 산출하고, 2천만 건 이상의 경험 데이터를 기반으로 한 Strength Level<sup>2</sup> 데이터를 통해 사용자에게 적합한 운동 중량을 제안합니다. 맞춤형 식단 제안은 사용자의 입력 데이터를 바탕으로 필요한 단백질 섭취량을 계산하고, 가용한 재료로 식단을 구성합니다.

Flask 서버를 통해 구현된 이 시스템은 사용자 친화적인 웹 인터페이스를 제공하며, 기존 모델의 한계를 보완해 높은 정밀도와 신뢰성을 입증했습니다. AITrainer는 운동 효율성과 건강 관리를 혁신적으로 지원하는 도구로 자리 잡을 잠재력을 제시합니다.

### I. 서론

운동 자세 교정, 적절한 운동 강도 설정, 그리고 개인 맞춤형 식단 제안은 현대인의 건강한 운동 습관을 형성하는데 있어 필수적인 요소로 간주됩니다. 그러나 현재 시중에 사용되고 있는 AI 기반 운동 분석 시스템들은 제한된 성능과 특정 기능에서의 한계를 보이며, 사용자 맞춤형 솔루션을 제공하기에는 미흡한 점이 많습니다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 AITrainer를 설계하고 개발하였습니다. AITrainer는 사용자의 운동 자세를 정확히 분석하고, 개인의 체격과 목표에 적합한 운동 강도를 추천하며, 사용 가능한 재료를 기반으로 맞춤형 식단을 제안하는 통합적인 헬스 트레이닝 솔루션입니다.

운동 자세 교정 기능에서는 Google Teachable Machine, Mediapipe Pose 모델, 그리고 ChatGPT 기반 모델을 테스트하여 최적의 포즈 추정 모델을 선정하였으며, Mediapipe와 Trained ChatGPT 모델의 한계를 극복하기 위해 Improved ChatGPT를 개발하였습니다. Improved ChatGPT는 Ablation Study를 통해 분석한 결과, Mediapipe와 ChatGPT의 약점을 보완하며 모든 클래스에서 뛰어난 성능을 입증하였습니다.

운동 강도 추천 기능은 Lee et al. 공식<sup>1</sup>을 활용하여 사용자의 골격근량을 계산하고, Strength Level<sup>2</sup> 데이터를 참조하여 사용자에게 맞는 운동 중량을 추천합니다. 또한 맞춤형 식단 제안 기능은 단백질 섭취량을 계산하여 사용자 입력 데이터를 기반으로 적절한 한 끼 식사를 구성합니다.

본 연구는 AITrainer가 기존 시스템의 한계를 극복하고, 사용자에게 보다 신뢰할 수 있는 결과와 편리한 사용자 경험을 제공함으로써 건강과 운동 효율성을 높이는 데 기여할 가능성을 제시합니다.

## II. 본론

### II-1 개요

AI 트레이너는 세 가지 주요 기능을 제공합니다: 자세 교정, 운동 강도 추천, 그리고 맞춤형 식단 제안입니다.

첫 번째, 자세 교정 기능에서는 여러 가지 모델을 통해 스쿼트 동작을 분석합니다. AI 트레이너의 자세 교정 모델로는 Google의 Teachable Machine 포즈 추정 모델과, Mediapipe의 포즈추정 모델 그리고 OpenAI의 ChatGPT 모델을 후보로 선정하고 비교했습니다. 정확한 스쿼트 자세 평가를 위해 다음 세 가지 기준을 설정했습니다: 가동 범위, 무릎 모임, 척추 정렬.

-가동 범위: 충분한 가동 범위를 위해 파워리프팅 기준<sup>3</sup>에 따라 골반이 무릎 관절 아래로 내려가는 깊이로 설정했습니다.

-무릎 모임: 무릎은 바깥을 향해야 하며 안쪽으로 모이면 무게 중심이 앞으로 치우쳐 고관절 대신 무릎에 부담이 집중되어 부상의 위험이 높아질 수 있습니다.

-척추 정렬: 척추가 올바르게 정렬되지 않으면 디스크에 전단력이 가해져 질환 위험이 커질 수 있습니다.

위의 기준을 바탕으로 'Shallow Squat' (가동 범위 부족), 'Knee Valgus' (무릎 모임), 'Wrong Spinal Alignment' (잘못된 척추 정렬), 'Right Form' (올바른 자세)의 4가지 클래스를 만들었고, 스쿼트 사진이 어떤 클래스에 해당하는지 판별합니다.

두 번째, 운동 강도 추천 기능은 Lee et al. 공식<sup>1</sup>을 이용해 산출된 골격근량과 Strength Level<sup>2</sup> 사이트의 중량표를 참고하여 적절한 운동 강도를 추천합니다. 평균 이하의 골격근량을 가진 사용자는 Beginner 수준의 중량을, 평균 이상의 골격근량을 가진 사용자는 Novice 수준의 중량을 추천받을 수 있습니다.

Male Squat Standards (kg) Show bodyweight ratios

Bodyweight	Beginner	Novice	Intermediate	Advanced	Elite
60	47	68	95	126	160
65	53	76	104	136	172
70	59	83	112	146	183
75	65	90	121	156	193
80	71	97	129	165	203
85	77	104	136	174	213
90	83	110	144	182	223
95	88	117	151	190	232
100	94	123	159	198	241

그림 1: 스쿼트 체중별 중량표

세 번째, 맞춤형 식단 제안 기능은 사용자 입력을 기반으로 필요한 단백질 섭취량을 계산하고 집에 있는 음식으로 한 끼 식사를 구성합니다.

### II-2 ChatGPT4o의 한계

AITrainer가 시중에 알려진 ChatGPT4o 모델과 차별점이 없다면 사용자들은 굳이 AITrainer를 사용할 이유가 없습니다. 이에 따라 ChatGPT4o의 성능을 AITrainer의 주요 세 가지 기능을 기준으로 테스트했습니다.

#### II-2\_1 자세 교정 비교

ChatGPT4o 모델에 잘못된 스쿼트 자세의 사진을 제공한 후 이를 평가하도록 요청했습니다.



그림 2: ChatGPT4o에게 운동 자세 질문

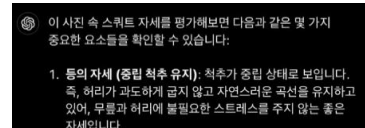


그림 3: ChatGPT4o의 잘못된 자세 평가

ChatGPT4o는 허리가 말려 척추 중립 상태가 아닌 스쿼트 자세를 척추 중립 상태라고 완전히 잘못 판단했습니다. 이처럼 기대 이하의 성능을 보여줬기 때문에, AITrainer가 충분히 경쟁력을 가질 수 있다고 판단했습니다.

#### II-2\_2 운동 강도 추천 비교

ChatGPT4o에 체중, 골격근량, 키, 성별을 제공한 뒤 적정 스쿼트 중량을 추천하도록 요청했습니다.

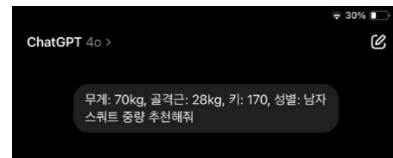


그림 4: ChatGPT4o에게 운동강도 질문

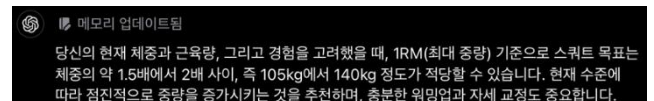


그림 5: ChatGPT4o의 잘못된 운동 강도 추천

ChatGPT4o는 근육량이 적은 남성 사용자에게 중급자에서 고급자에 해당하는 고중량 스쿼트를 추천하며 부적절한 답변을 제시했습니다. 반면, AITrainer는 경험적 데이터를 기반으로 사용자에게 맞는 정확한 강도를 추천할 예정이므로 ChatGPT4o보다 신뢰할 수 있는 결과를 제공할 것이라 기대됩니다

#### II-2\_3 맞춤형 식단 제안

ChatGPT4o에 사용자 데이터를 제공한 뒤, 사용 가능한 단백질 함유 음식을 활용하여 필요한 단백질 섭취량 계산 및 적절한 한 끼 식사를 제안하도록 요청했습니다.

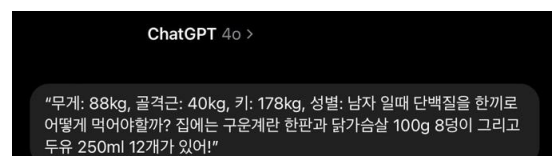


그림 6: ChatGPT4o에게 맞춤형 식사 질문

• 구운 계란: 계란 하나당 단백질 약 6g (계란 한판 = 30개로 가정하면 총 180g의 단백질)  
 • 닭가슴살: 100g당 단백질 약 23g (총 8덩이니까 184g의 단백질)  
 • 두유: 250ml당 단백질 약 7g (12개니까 총 84g의 단백질)

위 재료에서 얻을 수 있는 총 단백질은 약 448g인데, 하루 권장 섭취량을 고려했을 때, 한 끼에 45g에서 65g 정도의 단백질을 섭취하면 적당합니다.

한 끼 식단 예시:

• 구운 계란 3개 (18g)  
 • 닭가슴살 100g 1덩이 (23g)  
 • 두유 250ml 1개 (7g)

이렇게 하면 총 48g의 단백질을 섭취할 수 있습니다.

그림 7: ChatGPT4o의 적절한 식사 제안

ChatGPT4o는 사용자 제공 음식 리스트를 기반으로 필요한 단백질량을 충족할 수 있는 식단을 정확히 제안하며 높은 성능을 보여주었습니다. AITrainer는 이와 같은 ChatGPT4o의 기능을 일부 차용하여, 사용자의 편의성을 한층 더 개선할 예정입니다.

## II-2\_4 결론

맞춤형 식단 제안 부분을 제외한 운동 자세 교정과 운동 강도 추천에서는 AITrainer가 ChatGPT4o보다 더 뛰어난 성능을 보여줄 것으로 예상됩니다. 이러한 차별화된 강점은 사용자들에게 더욱 신뢰할 수 있는 결과를 제공할 것입니다.

## II-3 포즈 추정 모델 비교

AITrainer의 운동 자세 교정을 위해 두 가지 포즈 추정 모델을 선정하여 테스트를 진행했습니다. 첫 번째는 Google의 Teachable Machine, 두 번째는 Mediapipe Pose 모델입니다.

### II-3\_1 Teachable Machine 테스트

Teachable Machine을 선택한 이유는 사용이 간편하며, 사진에서 랜드마크를 추출해 스켈레톤 기반 학습이 가능하기 때문입니다. 우리는 허리 말림, 무릎 모임, 가동 범위 부족, 올바른 자세 등 4가지 클래스를 정의한 뒤, 제공된 사진이 해당 클래스 중 어디에 속하는지 판단하도록 구성했습니다.

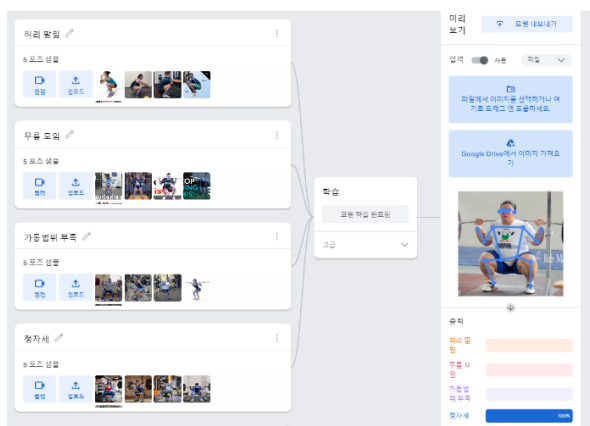


그림 8: Teachable machine의 작동화면

결과적으로 무릎 모임, 가동 범위 부족, 올바른 자세(2, 3, 4번 클래스)에서는 비교적 정확하게 작동했으나, 치명적인

문제가 발견되었습니다. Teachable Machine의 기반 모델인 MoveNet은 정면 포즈에 최적화되어 있어 과도하게 웅크리거나 측면 및 후면 자세를 인식하지 못하는 한계가 있었습니다. 특히, 허리 말림 문제는 아예 탐지가 불가능했습니다.



그림 9: 정면사진을 인식하는 Teachable Machine



그림 10: 측면 사진을 인식하지 못하는 Teachable Machine

### II-3\_2 Mediapipe Pose 모델 테스트

이와 같은 문제를 해결하기 위해 측면 인식 성능이 뛰어난 Mediapipe Pose 모델을 테스트했습니다.

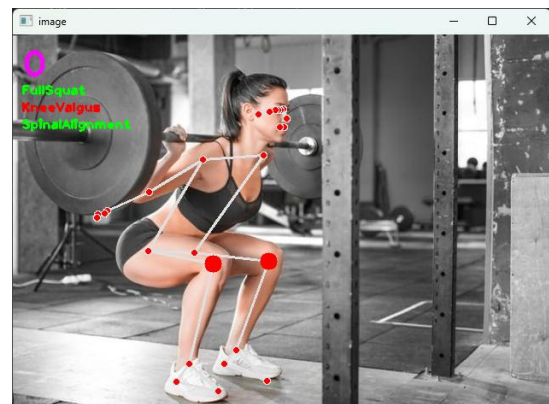


그림 11: 측면에서 무릎모임 문제를 탐지한 Mediapipe의 모델

Mediapipe 모델은 32개의 랜드마크를 제공하며, 이 랜드마크 간의 상대적 거리와 각도를 이용해 다음과 같은 문제를 탐지할 수 있습니다:

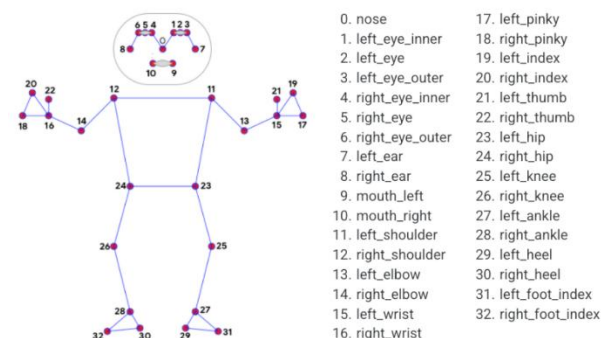


그림 4. 33 포즈 랜드마크

그림 12: Mediapipe의 포즈 모델 랜드마크

-가동 범위 부족 탐지: 양쪽 무릎 노드와 발목 노드 간 거리, 골반 노드와 발목 노드 간 거리를 계산하여, 앉을 때 골반-발목 간 거리가 무릎-발목 간 거리보다 크다면 가동 범위 부족으로 탐지합니다.

-무릎 모임 탐지: 양쪽 발목 노드 간 거리보다 무릎 노드 간 거리가 좁을 경우, 무릎 모임으로 판별합니다.

-잘못된 척추 정렬 탐지: 어깨, 골반, 무릎 노드 간 각도가 40도보다 작으면 허리 말림, 80도보다 크면 허리 과신전으로 판단하여 척추 정렬 문제를 탐지합니다.

## II-3\_3 결론

Teachable Machine은 정면 포즈에서만 인식이 가능했으며, 측면 포즈에서는 인식률이 현저히 떨어지는 한계를 보였습니다(그림 10). 반면, Mediapipe 모델은 측면 포즈도 정확히 인식하며(그림 11), 포즈 추정에서 훨씬 뛰어난 성능을 보여주었습니다. 따라서, Mediapipe Pose 모델을 AITrainer의 자세 교정 기능을 위한 포즈 추정 모델 후보로 선정했습니다. 이 모델은 더 넓은 범위의 자세를 분석할 수 있어 AITrainer의 목표인 정밀한 운동 자세 교정에 적합합니다.

## II-4 Plain ChatGPT4o vs Mediapipe

II-2에서 비교했던 ChatGPT4o 모델과 Mediapipe Pose 모델을 객관적인 지표로 평가하여 성능을 비교하였습니다. 비교 기준은 가동 범위 부족, 무릎 모임, 잘못된 척추 정렬, 올바른 자세의 네 가지 클래스를 설정하였으며, 각 클래스에 제공된 사진을 모델이 얼마나 정확하게 판단하는지를 평가하였습니다.

이를 위해 클래스별 정밀도(Precision), 재현율(Recall), 정확도(Accuracy), F1 Score를 산출한 뒤, 평균값을 계산하여 두 모델의 성능을 비교하였습니다. 총 40장의 테스트 셋을 사용하였으며, 각 클래스에 10장씩 균등하게 분배하였습니다. 이러한 객관적인 평가를 통해 두 모델의 실제 성능을 확인하고, AITrainer에 가장 적합한 모델을 선택할 수 있었습니다.

### II-4\_1 Plain ChatGPT4o

Plain ChatGPT				
번호	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
1	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
2	무릎모임	올바른자세	잘못된 척추정렬	올바른자세
3	올바른자세	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
4	부족한 가동범위	올바른자세	올바른자세	올바른자세
5	무릎모임	올바른자세	올바른자세	부족한 가동범위
6	부족한 가동범위	올바른자세	잘못된 척추정렬	올바른자세
7	무릎모임	올바른자세	올바른자세	올바른자세
8	무릎모임	무릎모임	올바른자세	올바른자세
9	무릎모임	올바른자세	올바른자세	올바른자세
10	무릎모임	무릎모임	올바른자세	올바른자세

그림 13: Plain ChatGPT test chart

Plain ChatGPT	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
정밀도	0.78	0.33	1.00	0.41	0.63
재현율	0.70	0.20	0.30	0.90	0.53
f1 score	<b>0.74</b>	<b>0.25</b>	<b>0.46</b>	<b>0.56</b>	<b>0.50</b>
정확도	0.88	0.70	0.83	0.65	0.76

그림 14: Plain ChatGPT data chart

### II-4\_2 Mediapipe

MediaPipe				
번호	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
1	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	무릎모임
2	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	잘못된 척추정렬
3	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	잘못된 척추정렬
4	무릎모임	부족한 가동범위	무릎모임	무릎모임
5	무릎모임	부족한 가동범위	올바른자세	올바른자세
6	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
7	무릎모임	부족한 가동범위	올바른자세	올바른자세
8	무릎모임	부족한 가동범위	무릎모임	잘못된 척추정렬
9	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
10	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	잘못된 척추정렬

그림 15: Mediapipe test chart

Mediapipe	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
정밀도	0.71	1.00	0.60	0.67	0.75
재현율	1.00	1.00	0.60	0.40	0.75
f1 score	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	<b>0.60</b>	<b>0.50</b>	<b>0.73</b>
정확도	0.90	1.00	0.80	0.80	0.88

그림 16: Mediapipe data chart

### II-4\_3 결론

모델	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
Mediapipe	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	<b>0.60</b>	0.50	<b>0.73</b>
Plain ChatGPT	0.74	0.25	0.46	<b>0.56</b>	0.50

그림 17: F1 score chart 1

Mediapipe Pose 모델은 무릎모임, 부족한 가동범위, 잘못된 척추정렬 클래스에서 ChatGPT4o를 앞질렀습니다. 그리고 올바른 자세 클래스에서도 준수한 성능을 보였습니다.

특히 "부족한 가동 범위"와 "잘못된 척추 정렬"과 같은 클래스에서 압도적으로 우수한 성능을 보여, 운동 자세 분석에 더 적합한 모델임을 확인할 수 있었습니다.

따라서, Mediapipe Pose 모델은 AITrainer의 운동 자세 교정 기능을 위한 더 좋은 모델이라 할 수 있습니다.

### II-5 Mediapipe vs Trained ChatGPT4o

Mediapipe는 ChatGPT4o에 비해 모든 지표에서 우월한 성능을 보였지만, 치명적인 단점도 발견되었습니다. 무릎 모임이나 부족한 가동 범위 클래스에서는 월등한 성능을 보여줬으나, 잘못된 척추 정렬 클래스에서는 F1 Score가 0.6으로 상대적으로 낮았고, 올바른 자세 클래스에서는 0.5로 더 낮은 점수를 기록했습니다. 이는 Mediapipe가 특정 기능에 치우쳐져 있는 모델임을 나타냅니다.

이러한 결과는 Mediapipe 랜드마크의 구조적 한계에서 기인합니다. Mediapipe는 척추를 직접적으로 탐지하지 않으며, 어깨와 골반 랜드마크의 중간 지점을 이용해 척추를 임의로 계산해야 합니다. 이로 인해 척추 정렬에 대한 정확한 분석이 어려워지는 문제가 발생합니다.

이를 해결하기 위해, ChatGPT 모델을 활용하여 클래스별로 5장의 데이터를 사용해 사전 훈련을 진행한 후, 성능을 테스트하는 접근 방식을 시도했습니다. 이 방법을 통해 올바른 자세와 잘못된 척추 정렬 클래스를 Mediapipe보다 더 정확히 탐지할 수 있는지 평가하였습니다. 이러한 접근은 특정 클래스에서의 탐지 성능을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대됩니다.

### II-5\_1 Mediapipe

### II-2 참고.



## II -5\_2 Trained ChatGPT4o

Trained ChatGPT				
번호	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
1	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
2	무릎모임	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
3	무릎모임	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
4	무릎모임	올바른자세	잘못된 척추정렬	올바른자세
5	무릎모임	잘못된 척추정렬	잘못된 척추정렬	올바른자세
6	무릎모임	무릎모임	잘못된 척추정렬	올바른자세
7	무릎모임	무릎모임	잘못된 척추정렬	올바른자세
8	무릎모임	올바른자세	부족한 가동범위	올바른자세
9	올바른자세	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
10	올바른자세	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세

그림 18: Trained ChatGPT test chart

Trained ChatGPT	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
정밀도	0.80	0.50	0.83	0.71	0.71
재현율	0.80	0.50	0.50	1.00	0.70
f1 score	<b>0.80</b>	<b>0.50</b>	<b>0.63</b>	<b>0.83</b>	<b>0.69</b>
정확도	0.90	0.75	0.85	0.90	0.85

그림 19: Trained ChatGPT data chart

## II -5\_3 결론

모델	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
Mediapipe	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	0.60	0.50	<b>0.73</b>
Plain ChatGPT	0.74	0.25	0.46	0.56	0.50
Trained ChatGPT	0.80	0.50	<b>0.63</b>	<b>0.83</b>	0.69

그림 20: F1 Score chart 2

Trained ChatGPT는 **\*\*\***잘못된 척추정렬**\*\*\***과 "올바른 자세" 클래스에서 Mediapipe보다 우수한 성능을 보이며, 척추 분석과 전반적인 자세 판단에서 뚜렷한 강점을 나타냈습니다. 하지만 "부족한 가동범위" 클래스에서는 F1 Score가 0.5로, Mediapipe에 비해 다소 저조한 성능을 기록했습니다.

결론적으로, Trained ChatGPT는 Mediapipe가 부족한 영역에서는 강점을 보였으나, 반대로 Mediapipe가 우수한 영역에서는 약점을 드러내는 모습을 보였습니다.

## II -6 Mediapipe vs Improved ChaGPT4o

Mediapipe는 모델 자체의 한계에 직면한 반면, ChatGPT4o는 여전히 다양한 가능성을 가지고 있다고 판단되었습니다. 이에 따라, 트레이닝 셋을 조정하고, 한글 데이터를 영어로 변환하며, 시스템에 역할을 부여하는 방식을 통해 성능을 향상시키기 위한 시도를 진행하였습니다.

### II -6\_1 Mediapipe

## II-2 참고.

## II -6\_2 Improved ChatGPT4o

Improved ChatGPT				
번호	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
1	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
2	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
3	무릎모임	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
4	무릎모임	부족한 가동범위	부족한 가동범위	부족한 가동범위
5	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
6	무릎모임	무릎모임	잘못된 척추정렬	올바른자세
7	무릎모임	무릎모임	잘못된 척추정렬	부족한 가동범위
8	무릎모임	부족한 가동범위	부족한 가동범위	올바른자세
9	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
10	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세

그림 21: Imporved ChatGPT test chart

Improved ChatGPT	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
정밀도	0.83	0.62	1.00	1.00	0.86
재현율	1.00	0.80	0.70	0.80	0.83
f1 score	<b>0.91</b>	<b>0.70</b>	<b>0.82</b>	<b>0.89</b>	<b>0.83</b>
정확도	0.95	0.83	0.93	0.95	0.91

그림 22: Improved ChatGPT data chart

## II -6\_3 결론

모델	무릎모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
Mediapipe	0.83	<b>1.00</b>	0.60	0.50	0.73
Plain ChatGPT	0.74	0.25	0.46	0.56	0.50
Trained ChatGPT	0.80	0.50	0.63	0.83	0.69
Improved ChatGPT	<b>0.91</b>	0.70	<b>0.82</b>	<b>0.89</b>	<b>0.83</b>

그림 23: F1 Score chart 3

"무릎 모임", "부족한 가동범위", "잘못된 척추 정렬", "올바른 자세" 등 모든 클래스에서 전반적으로 향상된 성능을 기록했습니다.

특히, "잘못된 척추 정렬" 클래스에서 **\*\*F1 Score(0.8235)\*\***와 **\*\*정밀도(1.0)\*\***를 달성하며 뛰어난 판단력을 입증했습니다. Mediapipe와 Trained ChatGPT가 보였던 약점을 효과적으로 보완하며, 모든 지표에서 우수한 성능을 보여주었습니다.

결론적으로, Improved ChatGPT는 AITrainer의 자세 교정 모델로 가장 적합한 선택임을 확인할 수 있었습니다.

## II -7 Ablation Study

Trained ChatGPT 모델에서 Improved ChatGPT 모델로 성능을 향상시키기 위해 세 가지 주요 변경 사항을 적용했습니다.

첫째, 질문 언어를 한글에서 영어로 변경하여 모델이 질문을 보다 정확히 이해하고 응답할 수 있도록 했습니다.

둘째, 시스템에 역할(Role)을 부여하여 상황과 맥락에 따른 정밀한 응답을 유도했습니다.

셋째, 트레이닝 데이터를 개선함으로써 기존 데이터셋의 한계를 극복하고 모델의 전반적인 성능을 높였습니다.

이 세 가지 변경 사항을 기준으로 Ablation Study를 진행해, 각각의 요소가 성능에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였습니다.

Ablation Study	정밀도	재현율	F1 score	정확도
최종모델	0.8621	0.825	0.8292	0.9125
Translation (en->ko)	0.7996	0.775	0.7749	0.8875
Role Omission	0.815	0.775	0.783	0.8875
Old Training Data	0.7439	0.7	0.6964	0.85

그림 24: ablation study 평균값

## II-7\_1 모델 별 세부데이터

Improved ChatGPT	평균	무류모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
정밀도	0.862179487	0.833333333	0.615384615	1	1
재현율	0.825	1	0.8	0.7	0.8
f1 score	0.829290346	0.909090909	0.695652174	0.823529412	0.888888889
정확도	0.9125	0.95	0.825	0.925	0.95
Translation (en->ko)	평균	무류모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
정밀도	0.799603175	0.642857143	0.555555556	1	1
재현율	0.775	0.9	0.5	0.7	1
f1 score	0.7749613	0.75	0.526315789	0.823529412	1
정확도	0.8875	0.85	0.775	0.925	1
Role Omission	평균	무류모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
정밀도	0.815079365	0.8	0.571428571	1	0.888888889
재현율	0.775	0.8	0.8	0.7	0.8
f1 score	0.783075335	0.8	0.666666667	0.823529412	0.842105263
정확도	0.8875	0.9	0.8	0.925	0.925
Old Training Data	평균	무류모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세
정밀도	0.743910256	0.7	0.583333333	1	0.692307692
재현율	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9
f1 score	0.69640975	0.7	0.636363636	0.666666667	0.782608696
정확도	0.85	0.85	0.8	0.875	0.875

그림 25: 모델 별 data chart

## II-7\_2 결론

Ablation Study	무류모임	부족한 가동범위	잘못된 척추정렬	올바른자세	평균
Improved ChatGPT	0.91	0.70	0.82	0.89	0.83
Translation (en->ko)	0.75	0.53	0.82	1.00	0.77
Role Omission	0.80	0.67	0.82	0.84	0.78
Old Training Data	0.70	0.64	0.67	0.78	0.70

그림 26: F1 Score Ablation Study

번역(Translation)이나 역할 생략(Role Omission)과 같은 설정 변화는 성능에 영향을 미치지만, 비교적 양호한 성능을 유지합니다.

오래된 학습 데이터(Old Training Data)는 성능 저하를 초래하며, 특히 재현율과 F1 Score에서 현저히 낮은 결과를 보여줍니다.

최종 모델 (Improved ChatGPT)는 정밀도, 재현율, F1 Score, 정확도 등 모든 지표에서 우수한 성능을 보여 AITrainer에 가장 적합한 모델임을 확인했습니다.

## II-8 Service: Flask Server

AITrainer의 각 기능은 파이썬 파일로 구현되었으며, Flask 서버를 이용하여 웹페이지에서 작동할 수 있도록 설계되었습니다. 이를 통해 사용자는 웹 인터페이스를 통해 편리하게 AITrainer의 모든 기능을 이용할 수 있습니다. 초기화면은 직관적이게 구성되어, 주요 기능인 운동 자세 교정, 운동 강도 추천, 맞춤형 식단 제안을 쉽게 탐색할 수 있도록 디자인되었습니다.

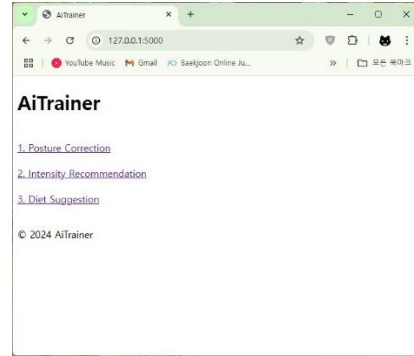


그림 27: 초기화면

## II-8\_1 운동 자세 교정

운동 자세 교정 화면에서는 사용자가 자신의 운동 자세를 업로드하고 분석 결과를 확인할 수 있습니다. 사용자가 업로드한 자세 사진에 대해 정확한 클래스 분류와 교정 피드백을 제공합니다.

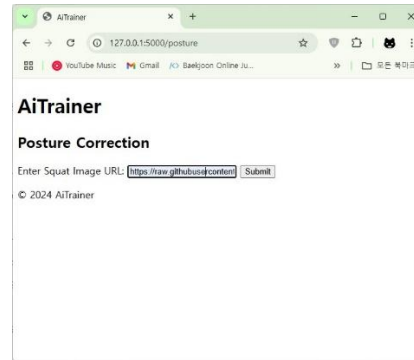


그림 28: 자세교정화면

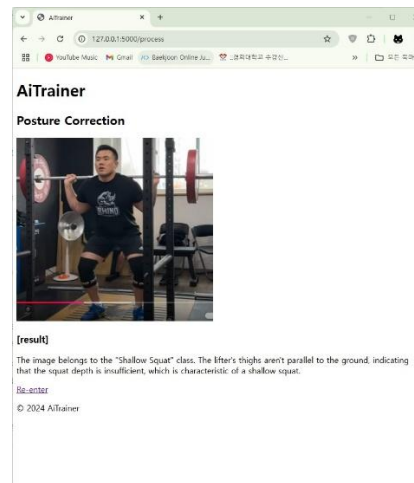


그림 29: 자세교정결과

## II-8\_2 운동 강도 추천

운동 강도 추천 화면에서는 사용자의 성별, 키, 체중, 골격근량 데이터를 입력받아, Lee et al 공식<sup>1</sup>과 Strength Level<sup>2</sup> 데이터를 기반으로 적절한 운동 강도를 계산하고 제안합니다.

- 남성:

$$SMM = 0.244 \times \text{체중 (kg)} + 7.8 \times \text{키 (m)} - 2.2$$

- 여성:

$$SMM = 0.197 \times \text{체중 (kg)} + 7.2 \times \text{키 (m)} - 2.5$$

그림 30: Lee et al 공식<sup>1</sup>

Strength Level		Bodyweight Ratio
남자	Beginner	0.75x
	Novice	1.25x
여자	Beginner	0.50x
	Novice	0.75x

그림 31: Strength Level Bodyweight Ratio<sup>2</sup>

그림 32: 운동 강도 추천화면

그림 33: 운동 강도 추천 결과

## II-8\_3 맞춤 식단 제안

맞춤형 식단 제안 화면에서 사용자의 골격근량과 사용자가 보유한 음식 재료를 입력하면 필요한 단백질 섭취량을 계산하고, 입력된 재료를 활용한 한 끼 식사를 구성해 제안합니다.

그림 34: 맞춤 식단 제안 화면

그림 35: 맞춤 식단 제안 결과

## III. 결론

본 연구를 통해 AiTrainer는 운동 자세 교정, 운동 강도 추천, 그리고 맞춤형 식단 제안을 사용자 맞춤형으로 제공하는 통합적인 솔루션임을 입증하였습니다. Improved ChatGPT 모델은 Mediapipe와 Trained ChatGPT가 가진 한계를 극복하며, 모든 클래스에서 우수한 성능을 기록하였습니다. 특히 "잘못된 척추 정렬" 클래스에서 높은 정밀도와 F1 Score를 기록하며 자세 분석에 있어 가장 적합한 모델임이 확인되었습니다.

운동 강도 추천 기능은 Lee et al. 공식<sup>1</sup>과 Strength Level<sup>2</sup> 데이터를 기반으로 사용자 체격과 근육량에 맞는 적절한 운동 강도를 제안하며, 맞춤형 식단 제안 기능은 사용자의 단백질 섭취량을 충족할 수 있는 식단을 효율적으로 구성합니다. 이러한 기능은 Flask 서버를 통해 사용자 친화적인 웹 인터페이스로 구현되어 실질적인 활용 가능성을 높였습니다.

결론적으로, AiTrainer는 기존 AI 기반 운동 분석 모델의 단점을 보완하며, 사용자들에게 보다 정밀하고 신뢰할 수 있는 결과를 제공합니다. 이 연구는 건강과 운동 효율성을 증진하기 위한 AI 기반 시스템의 새로운 가능성을 열며, AiTrainer가 현대인의 건강 관리에 중요한 도구로 자리잡을 수 있음을 제시합니다.

## IV. 연구 방향

AITrainer는 운동 자세 교정, 운동 강도 추천, 맞춤형 식단 제안을 제공하는 통합적인 헬스 트레이닝 솔루션으로 개발되었습니다. 이를 더욱 발전시키기 위해 다음과 같은 방향으로 연구를 이어나가고자 합니다.

첫째, AITrainer를 모바일 애플리케이션으로 개발하여 사용자가 언제 어디서나 간편하게 접근할 수 있도록 할 계획입니다. 모바일 환경에서 실시간으로 운동 데이터를 입력하고 결과를 확인하며, 개인화된 피드백을 받을 수 있도록 시스템을 확장함으로써 사용자 편의성을 극대화할 것입니다.

둘째, 실시간 자세 교정 및 피드백 기능을 강화하기 위해 카메라 기반 포즈 추정 시스템을 도입할 예정입니다. 이를 통해 사용자는 운동 중에도 즉각적인 피드백을 받을 수 있어 자세 교정의 효과를 높이고, 부상을 예방하며 운동 효율성을 극대화할 수 있습니다.

셋째, 사용자 데이터를 지속적으로 학습하는 개인화 시스템을 구축하여 더욱 정밀하고 맞춤형 운동 강도와 식단 추천을 제공할 계획입니다. 사용자의 운동 기록과 피드백 데이터를 활용해 AITrainer의 기능을 점진적으로 최적화함으로써 개인별 맞춤형 솔루션을 강화하고자 합니다.

마지막으로, 스쿼트를 중심으로 설계된 기존 시스템을 확장하여 데드리프트, 벤치프레스 등 다양한 운동을 지원하는 종합적인 헬스 트레이닝 도구로 발전시키고자 합니다. 이를 통해 AITrainer는 사용자들의 다양한 운동 요구를 충족하는 포괄적인 솔루션으로 자리잡게 될 것입니다.

최종적으로, AITrainer는 모바일 애플리케이션과 같은 다양한 플랫폼에서 사용 가능하도록 개발되어, 사용자가 더욱 편리하게 접근할 수 있는 개인 맞춤형 헬스 트레이너로 진화하는 것을 목표로 하고 있습니다. 이러한 연구 방향은 AITrainer의 실질적 활용성과 사용자 경험을 크게 향상시키는 데 기여할 것입니다.



---

<sup>1</sup> Lee, R. C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., & Heymsfield, S. B. (2000). Total body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 796–803.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>

<sup>2</sup> Strength Level. "Strength Standards." Strength Level.  
<https://strengthlevel.com>

<sup>3</sup> International Powerlifting Federation. (2023). *Technical Rules Book*. Available at: [IPF website](#)