

2024학년도 1학기 기업기술혁신PBL 01분반 04팀 연구결과보고서

- 인공지능 기반 디지털 헬스케어 개발-

1. 연구과제명

인공지능 기반 디지털 헬스케어 기술 개발에서 근전도를 이용한 허벅지 근육 부상 예측 프로그램 (위험도 판단 기술 제작)
(01분반 04팀)

2. 연구 목적

- 기존의 관절의 안정성은 등속성장비를 통해 주동근과 길항근의 토크값의 비율을 측정하고 선행연구에서 나온 적정 비율과 비교하여 판별을 하였음. 그러나 일반인이 등속성장비를 쓰기에는 매우 고가라는 단점과 전문가가 꼭 필요하다는 단점이 있음. 등속성장비 대신 근전도기기를 사용하여 일반인들도 보다 쉽게 측정하고 또 판별할 수 있는 프로그램 기술을 개발하려고 함.
- 인공지능을 활용하여 신체적인 부상을 판단할 수 있는 프로그램을 제작
 - 그 중에서 EMG(근전도)를 활용하여 허벅지 근육 부상의 위험도를 판단하는 프로그램을 제작하여 일반인도 쉽게 부상 위험도를 알 수 있게 함
 - 일반적으로 햄스트링과 대퇴사두근 비율이 2:3 이 가장 안정적인 비율이고 그 비율이 (60 <= 햄스트링/대퇴사두근 <= 90)인 경우 부상 위험도가 낮다는 연구 결과를 바탕으로 근전도를 사용하여 근력을 추정해 그 근력의 비율로 부상 위험도를 판단 함

3. 기간

2024년 1학기 기업기술혁신PBL 01분반 4팀														
진행 상황	주차	3월 3주	3월 4주	4월 1주	4월 2주	4월 3주	4월 4주	5월 1주	5월 2주	5월 3주	5월 4주	5월 5주	6월 1주	6월 2주
세부 연구 주제 부위 결정														
연구 장비 선택 및 테스트														
가설증명(근전도를 이용한 근력 추정)														
본 실험														
모델 설계 작업														
데이터 전처리														
모델 훈련														

□ 3월 : 공동 연구팀 구성 및, 세부 연구 주제 결정 연구 주제 선정 과정

- 발목의 불안정성
 - 불안정성의 특성을 고려할 때 근전도로 추정하기 무리가 있다고 판단. 기각
- 운동동작의 옳고 그름을 판단하는 프로그램
 - 근육의 활성화만 가지고 동작의 옳고 그름을 판단할 수 없음. 기각
- 모션캡처를 이용한 교정자세를 처방하는 프로그램
 - 본 연구는 신체신호(근전도, 심전도, 뇌파 등)을 이용한 연구임. 기각

□ 4월

- 1~3주차 : 세부 연구 주제 실현 가능성 분석 및 장비 선정 및 테스트 진행
- 4주차 : 가설 증명을 위한 예비 실험 진행
 - 근전도 측정 장비는 핏시그를 사용

※ 예비 실험 목록

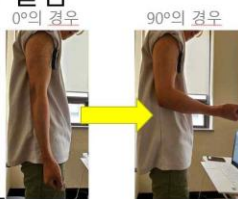
1. 근력사용량이 커지면 근전도의 피크값이 증가한다.
2. 득청성 장비로 측정한 근력과 등속성 장비로 측정한 근력은 비례한다.

근전도와 근력의 관계 증명 실험

가설 - 근전도가 커지면 커질수록 근력이 비례하여 커진다.

실험 설계

- 1) 피실험자 - 운동을 하지 않는 남성
(178cm 76kg 만23세(25세))
- 2) 동작 - 5kg 을 기준으로 0개, 1개, 2개들
0°(팔을 옆 허벅지에 붙인 상태)에서 90°로 들어 올린다
- 3) 시간 - 2번 연속으로 1초간 들어 올린 후 9초 휴식



실험 결과 예상 및 결과

실험 예상 - 중량에 따라 근전도 진폭이 커질 것이다

실험 결과

- 1) 0kg의 중량의 경우 (0.04mV, 0.04mV)
- 2) 5kg의 중량의 경우 (0.21mV, 0.3mV)
- 3) 10kg의 중량의 경우 (0.62mV, 0.83mV)

즉, 근력이 많이 사용될수록 근전도도 올라간다는 사실을 알 수 있다



근전도로 근력 측정 선행 실험

실험 설계

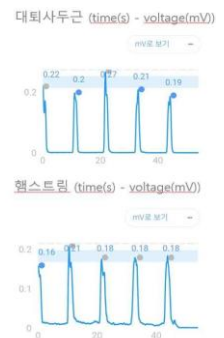
- 1) 피실험자 - 운동을 하지 않는 남성
(178cm 76kg 만23세(25세))
 - 2) 동작 - 시험자가 피실험자의 발목을 잡아 다리가 움직이지 못하게 고정한다 (**동적성 운동**)
- 대퇴사두근 - 피실험자 우측 실험자 좌측으로 힘
햄스트링 - 피실험자 좌측 실험자 우측으로 힘
- 3) 시간 - 1초간 힘을 주고 10초 휴식을 5번 진행
(55초 소요)



실험 결과

실험 결과

- 1) 대퇴사두근의 경우 5번 시행 중 0.27mV가 가장 높은 값으로 측정
- 2) 햄스트링의 경우 5번 시행 중 0.21mV가 가장 높은 값으로 측정
- 3) 즉, 햄스트링과 대퇴사두근의 단순 비율이 약 78%로 **의미있는 실험으로 추정**



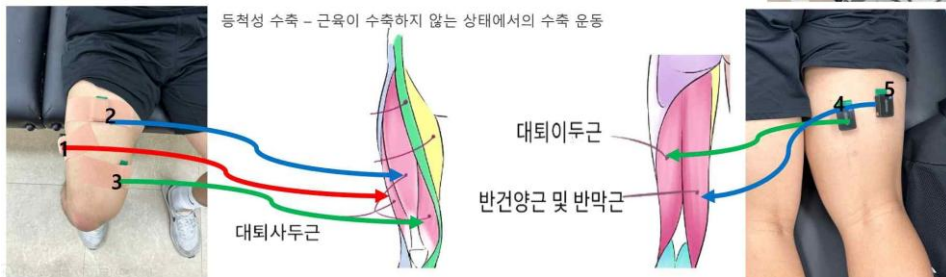
□ 5월

- 1주차 : 가설을 토대로 실제 실험 준비 및 실험 페러다임 설계
 - 2~5주차 : 근전도기기 및 근력측정 장비 교육 및 실제 데이터 수집 및 데이터 전처리
 - 근전도 측정 기기는 delsys trigno를 사용, 근력 측정 기기는 bio-dex를 사용
 - ※ 근전도 기기를 착용한 상태에서 근력 측정을 진행하여 두 가지의 데이터를 동시에 측정하여, 근전도데이터를 가지고 근력을 추정하는 학습을 진행함
- 근전도의 경우 대퇴사두근 3개와 햄스트링 2개를 사용하였고, 실험의 경우 60°/s 의 속력으로 총 5번 실시하여 26세트 130개의 데이터를 얻음, 각각의 실험은 의도적으로 힘을 빼거나 최대의 힘을 줘서 다양한 근력과 근전도의 데이터를 얻음

실험 방법

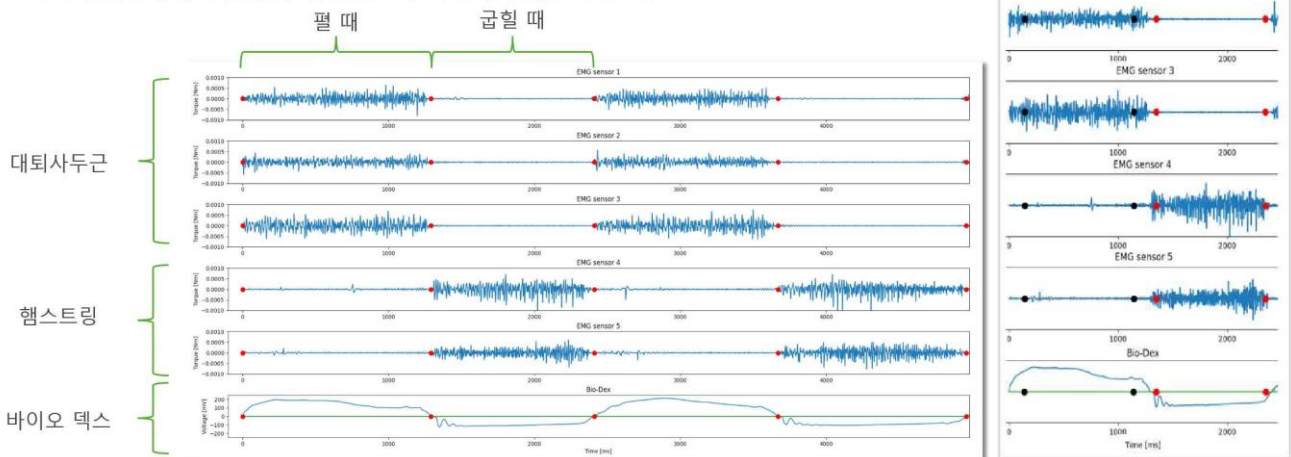
바이오 텍스는 각속도를 60°/s로 5회 실시하였으며 측정 부위는 우측 다리만 측정
피실험자는 남성 3명 여성 1명으로 총 5회 x 20세트로 130개의 데이터를 얻음
각각의 실험은 최대로 힘을 주거나 의도적으로 힘을 주지 않아 다양한 데이터를 수집함
실험시간은 1세트당 15초 내외이고, 5분정도의 휴식을 가지고 실험 진행함

근전도 부착 부위는 무릎을 펼 때 사용되는 대퇴사두근, 굽힐 때 사용되는 햄스트링으로 각각 3개, 2개의 근전도를 부착하여 측정
부착부위는 등척성 수축을 통해 가장 근육의 움직임이 큰 부위에 부착하였음



(근력에 따른 근전도)

허벅지 근육이 수축 운동할 때 근전도가 측정되는 것을 확인 가능



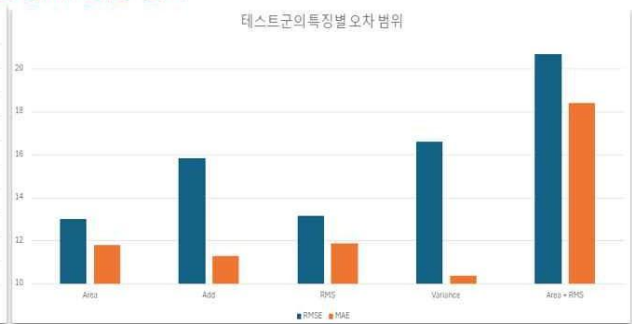
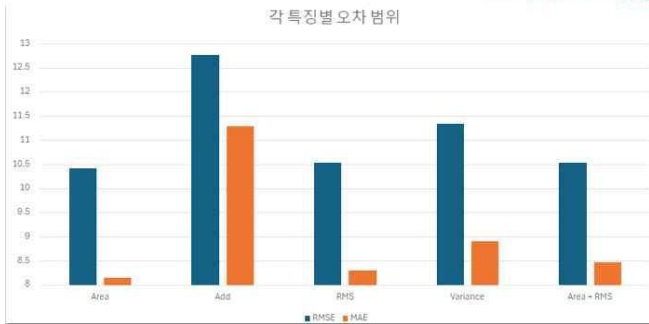
□ 6월

- 1~2주차 : 머신러닝, 회귀학습을 사용하여 근전도 데이터를 사용하여 근력을 추정하여 허벅지 근육에서의 부상 위험도를 판단하는 학습을 진행
- 여러 가지 특징과 방식을 통하여 학습을 진행

학습 데이터 80개에 대한 결과 값

테스트 데이터 10개에 대한 결과 값

오차이므로 낮은 값이 좋은 결과

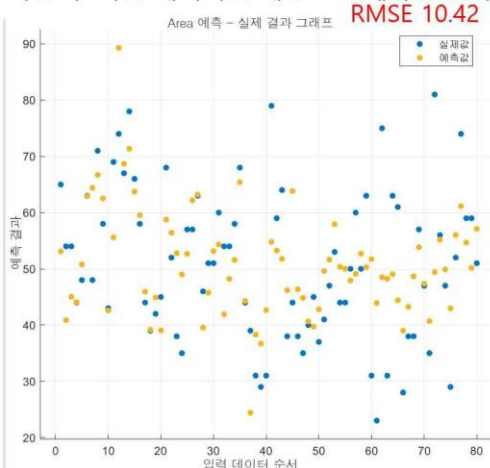


학습 데이터의 경우 MAE와 RMSE 모두 Area 특징에서 우세
즉, Area를 특징으로 선택함!

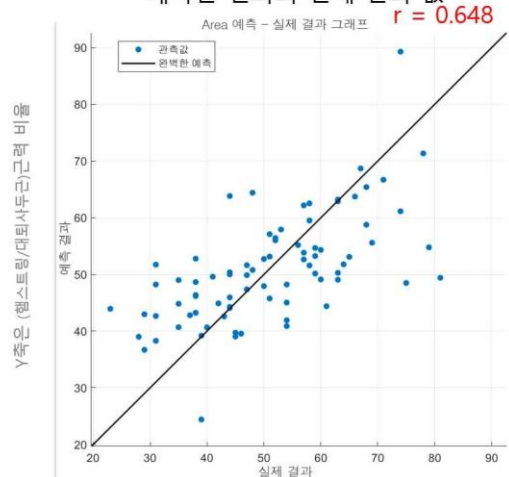
테스트 데이터의 경우 MAE는 Variance와 Add가 Area보다 낮지만 RMSE가 높아 이는 두 특징에 대한 예측 값의 편차가 큰 것을 의미

※ 특징을 총 4가지를 얻어 각각의 실험을 진행한 결과 최종적으로 제일 잘 나오는 모델의 경우 오차가 존재하지만 일반인이 손쉽게 확인 가능한 모델을 구현함, 그 결과 Area를 특징으로 하였을 때 가장 좋은 예측 값을 갖는 것으로 확인 되었고 이에 따른 대퇴사두근과 햄스트링의 비율 추정, 대퇴사두근 근력 추정 마지막으로 햄스트링 근력 추정을 진행하여 확인함

학습 후 학습 데이터를 대상으로 예측한 결과

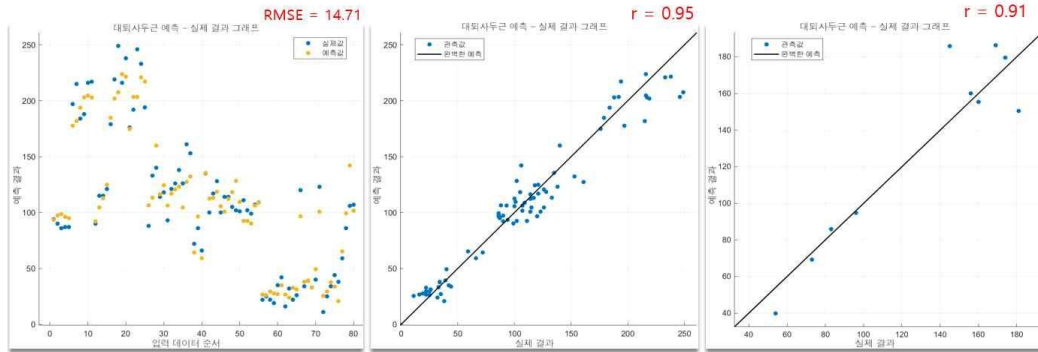


예측한 결과와 실제 결과 값

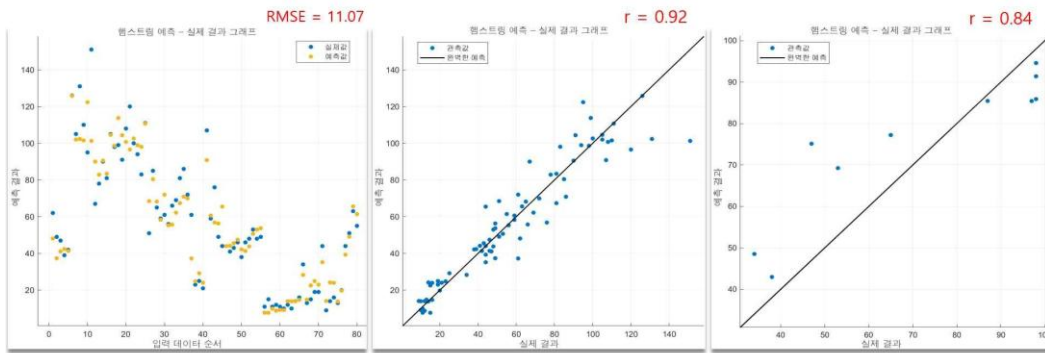


면적만을 특징으로 하여 학습한 경우 좌측 그래프를 보면 RMSE(평균 제곱근 오차)가 10.42가 나왔고 그에 따른 상관계수(r)가 우측 그래프에서처럼 0.648이 나온 것으로 확인되었다. 이는 높은 수치는 아니지만 근전도로써 근력을 추정함이 가능하다는 것을 시사한다.

대퇴사두근만 비교하였을 때 실제 값과 예측 값이 잘 나오는 것으로 확인
이때 출력 값은 0- 250(torque)사이의 범위가 출력됨



학습 데이터 대상으로 예측
햄스트링도 마찬가지로 예측이 잘 되는 것으로 확인됨
이때 출력 값은 0- 140(torque)사이의 범위가 출력됨



학습 데이터 대상으로 예측 학습 데이터 대상으로 예측 테스트 데이터로 예측

위의 그래프는 좌측과 중앙은 학습한 데이터로 테스트를 했을 경우의 결과를 나타낸 것이고, 우측은 새로운 실험 데이터로 추정한 결과이다.

위의 두 결과로 근력의 비율을 추정할 때 보다 대퇴사두근과 햄스트링의 근력을 각각 추정하는 것이 더 좋은 결과를 보이는 것으로 확인된다. 이때 비율에 대한 학습 오차가 큰 이유는 RMSE는 절대 오차이므로 100이라는 실제에 예측값이 110이나 90이나 같은 오차를 발생시킨다. 이에 따라 비율로 학습을 할 경우 대퇴사두근과 햄스트링이 서로 반대 방향으로 오차가 발생하면 더 큰 오차가 발생하므로 예측값이 더 안 좋은걸로 생각된다.

각 특징별 결과표

교차 검증 5회 실시

특징	Area	Add	RMS	Variance	대퇴사두근(area)	햄스트링(area)
모델	단계적 선형 회귀	선형 회귀	단계적 선형 회귀	SVM 중간 가우스	SVM 중간 가우스	SVM 중간 가우스
RMSE	10.42	12.76	10.53	11.33	14.71	11.07
MAE	8.14	11.29	8.29	8.9	11.46	7.27
Correlation coefficient	0.648	0.36	0.644	0.3	0.95	0.92

이번 실험을 통해 얻은 최종 결과표이다. 각각의 특징에 대한 모델과 RMSE, MAE(평균 절대 오차) 그리고 상관계수(Correlation coefficient)에 대한 표이다.

4. 연구결과

□ 연구 주제 선정

- 발목의 불안정성
 - 불안정성의 특성을 고려할 때 근전도로 추정하기 무리가 있다고 판단. 기각
- 운동동작의 옳고 그름을 판단하는 프로그램
 - 근육의 활성화만 가지고 동작의 옳고 그름을 판단할 수 없음. 기각
- 모션캡처를 이용한 교정자세를 처방하는 프로그램
 - 연구는 신체신호(근전도, 심전도, 뇌파 등)를 이용한 연구임. 기각
- 햄스트링/대퇴사두근의 비율에 의한 허벅지 부상 위험도 판단
 - 근전도를 사용하여 근력을 추정하고 부상 위험도를 판단할 수 있다는 것에 가능성이 있다고 판단하여 연구 주제로 선택함

□ 연구 가설 시험

- 본 연구를 진행함에 있어 몇가지 가설을 세웠고 그 가설을 증명함
 - 근육의 사용량이 많아지면 근전도의 피크 값도 커질 것이다.
- 실제로 인위적으로 근력의 사용량을 아령을 통해 통제하였을 경우 아령의 무게가 무거워짐에 따라 근전도의 피크 값이 커지는 것을 확인. 가설 증명

□ 실험 진행

- 근전도와 근력을 동시에 측정함
 - 근전도와 근력을 동시에 측정함으로써 근전도의 값을 통하여 근력을 추정할 수 있도록 설계함, 총 130개의 데이터를 확보하였으나, 장비 조작 미숙으로 인한 40개의 데이터를 소실함

□ 기계 학습 진행

- 기계 학습을 통한 분석
 - 근전도 데이터를 4가지의 특성으로 데이터 전처리를 시행함. 이를 통하여 각각의 특성으로 기계 학습을 진행하였고 그 결과 면적을 사용한 학습이 가장 정확도가 높은 것으로 판단 오차가 있어 정확하진 않지만 일반인이 사용하기에 무리가 없고, 앞으로 더 많은 데이터를 수집할 경우 충분히 좋은 성과를 얻을 것으로 사료됨

각 특징별 결과표

교차 검증 5회 실시

특징	Area	Add	RMS	Variance	대퇴사두근 _(area)	햄스트링 _(area)
모델	단계적 선형 회귀	선형 회귀	단계적 선형 회귀	SVM 중간 가우스	SVM 중간 가우스	SVM 중간 가우스
RMSE	10.42	12.76	10.53	11.33	14.71	11.07
MAE	8.14	11.29	8.29	8.9	11.46	7.27
Correlation coefficient	0.648	0.36	0.644	0.3	0.95	0.92

본 결과로 보았을 때 근력 비율을 추정하는 것 보다 각각의 근력을 추정하는 것이 훨씬 정확한 예측을 하는 것으로 보여짐

현재 의수나 의족 등 무릎 밑 절단 사용자가 달리고 싶을 경우 허벅지의 근력 사용량에 따라 걷거나 빠른 걸음을 하거나, 혹은 뛰거나 등의 행위를 허벅지에서 근전도를 측정하여 의족으로 하여금 사용자의 의지대로 달리거나 걷는 행위를 할 수 있을 것으로 판단됨, 즉 본 연구는 근력을 추정하는 연구지만 다르게 생각하면 근전도에 따른 근력을 추정하였고 이를 통해 전자 기기에 사용자가 원하는 힘의 양을 전달하고 시행할 수 있음을 의미함

현재 의수나 의족 등 무릎 밑 절단 사용자가 달리고 싶을 경우 허벅지의 근력 사용량에 따라 걷거나 빠른 걸음을 하거나, 혹은 뛰거나 등의 행위를 허벅지에서 근전도를 측정하여 의족으로 하여금 사용자의 의지대로 달리거나 걷는 행위를 할 수 있을 것으로 판단됨, 즉 본 연구는 근력을 추정하는 연구지만 다르게 생각하면 근전도에 따른 근력을 추정하였고 이를 통해 전자 기기에 사용자가 원하는 힘의 양을 전달하고 시행할 수 있음을 의미함