

인공지능 기반 디지털 헬스케어 기술 개발 최종 연구 발표

2024 기업기술혁신 PBL

01분반 4팀

인원 소개

기업기술혁신PBL I 01분반 4팀

지도교수 : 전자 및 정보공학과 황한정 교수님

[근전도 연구 및 개발 인력]

전자 및 정보공학과 이석현(19)
경제통계학부 윤혜성(21)

[실무 조교]
전자 및 정보공학과 심규태

공동연구팀

육운역수팀

[스포츠/근육 연구]

국제스포츠학부 스포츠과학전공
이형록(19)
오영민(20)
심유진(21)
박재헌(22)

연구 주제

- 인공지능 기반 디지털 헬스케어 기술 개발

햄스트링(H)과 대퇴사두근(Q)의
근력 비율에 따른
부상 위험도를 판단할 수 있음

$60\% \leq (H/Q) \leq 90$ (위험도 낮음)

연구 목표

근전도를 이용한
(햄스트링 / 대퇴사두근) 근육 부상 예측

즉, 근전도(V)로 근력(τ)를 추정 할 것임

Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season

Daehan Kim^a and Junggi Hong^{b,*}

^aDepartment of Kinesiology, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada

^bDepartment of Exercise Science, Willamette University, Salem, OR, USA

Abstract. Previous studies have proposed that thigh muscle imbalance is a critical risk factor for the athletic non-contact knee injuries. However, there is a little consensus among prospective studies with regard to the correlation between isokinetic hamstring to quadriceps strength ratio (HQR) and the non-contact knee injury rates. Most of athletic movements at risk are closed kinetic chain movements, and compensatory effect among ankle, knee, and hip joints during the closed kinetic chain movement was observed in the previous literatures. Therefore, it is assumed that hamstrings and quadriceps (H:Q) imbalance can cause non-contact lower extremity injuries without necessarily causing knee injuries. The purpose of this study was to prospectively investigate the relationship between H:Q strength imbalance and overall non-contact lower extremity injuries. A prospective cohort study was conducted on NCAA division III basketball and soccer players during one season. A total of eighty two NCAA Division III athletes (41 female [19.56 \pm 1.34 yrs, 68.2 \pm 10.84 kg, 166.3 \pm 6.78 cm] and 40 male [19.97 \pm 1.43 yrs, 75.45 \pm 8.23 kg, 173.21 \pm 7.65 cm]) volunteered to participate in this study which tested Q and H strength at 60°/s. A trend ($p < 0.05$) indicating that lower than 60% of HQR was associated with non-contact leg injuries was apparent. This suggests that the H:Q imbalance may be of significance in athletic non-contact leg injuries.

Keywords: Kinetic integration, isokinetic strength, neuromuscular, co-contraction, plyometrics, prophylactic

1. Introduction

Co-contraction of agonist and antagonist muscles is important for joint stabilization during the dynamic movement [8,15,24]. Researchers have consistently proposed that balance of these opposing muscles is imperative in maintaining ideal joint position, therefore it is a critical factor for avoiding injuries during the athletic movements such as jumping, pivoting, and cross-cutting [5,8,28].

The National Collegiate Athletic Association (NCAA) Injury Surveillance System (ISS) has collected injury data from various sport activities over a 16-year time period (1988 through 2004). According to

its report, more than 50% of all injuries were to the lower extremity and most of them were non-contact injuries [17]. Researchers in clinical and exercise sciences field have focused on developing prevention strategies of these injuries in an effort to reduce injury rates and related medical costs over time [10,12,13,22].

One of the most important goals of currently used prophylactic training programs is to enhance neuromuscular balance of hamstring and quadriceps muscles [14,16,23]. While researchers have reported that preventative conditioning program such as plyometrics and balance exercises not only decreased knee injury rates but also improved balance of hamstring and quadriceps [12–14], surprisingly, there is little consensus with regard to whether strength ratio of hamstring to quadriceps (H:Q) can be used as a predictor of non-contact knee or surrounding tissue injuries [2,9,22].

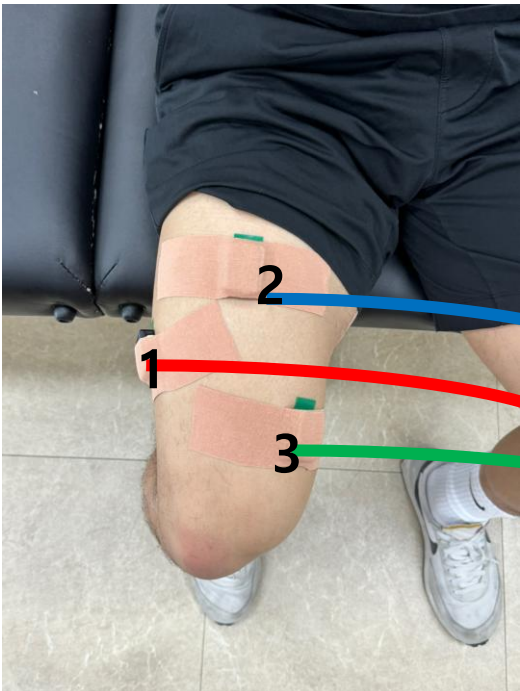
One explanation of the unclear correlation between H:Q strength ratio (HQR) and injuries is that imbalance

*Address for correspondence: J. Hong, Department of Exercise Science, Willamette University, 900 State Street, Salem, OR 97301, USA. E-mail: jhong@willamette.edu.

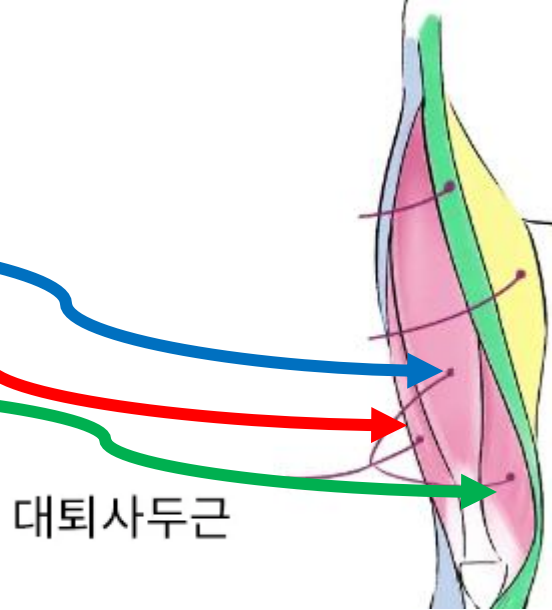
실험 방법

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

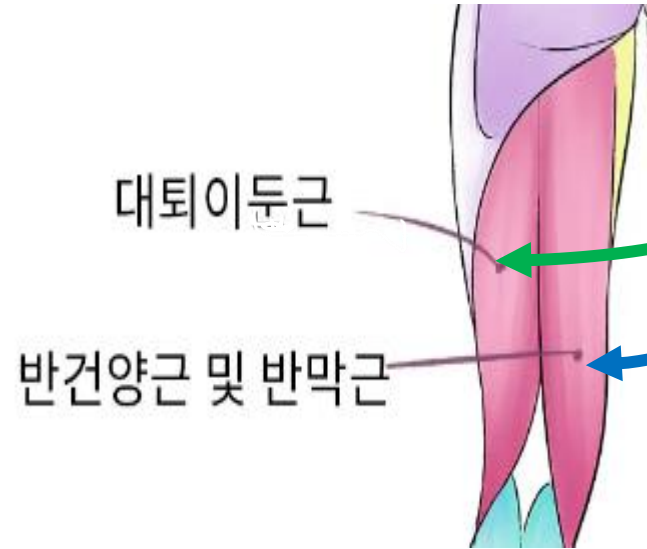
근전도 부착 부위는 무릎을 펼 때 사용되는 대퇴사두근, 굽힐 때 사용되는
햄스트링으로 각각 **3개, 2개**의 근전도를 부착하여 측정
부착부위는 등척성 수축을 통해 **가장 근육의 움직임이 큰 부위**에 부착하였음



등척성 수축 - 근육이 수축하지 않는 상태에서의 수축 운동

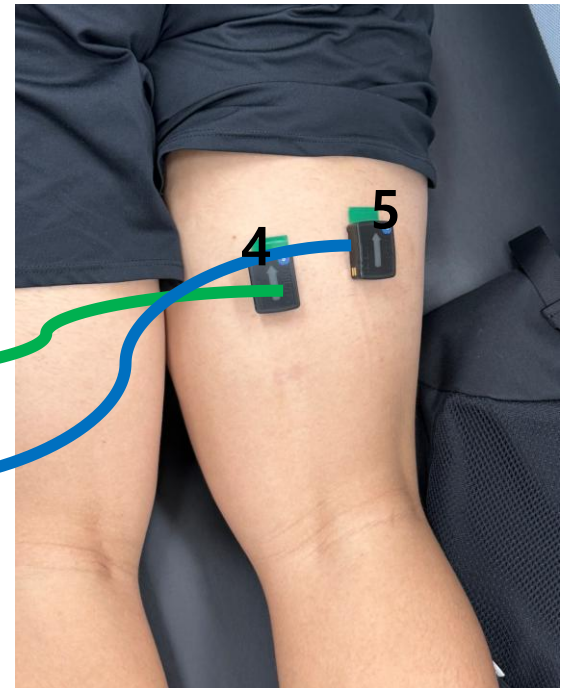


대퇴사두근

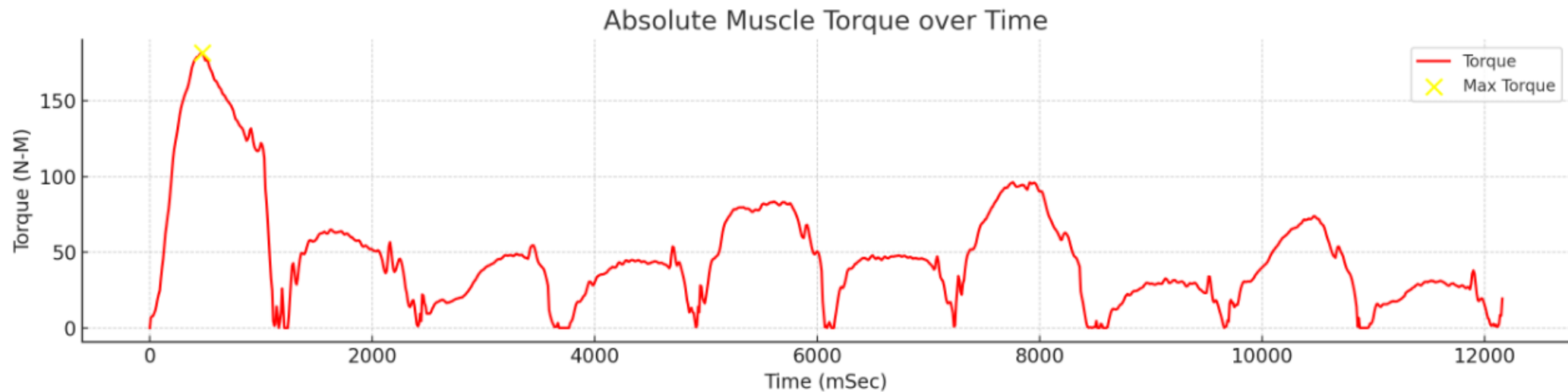
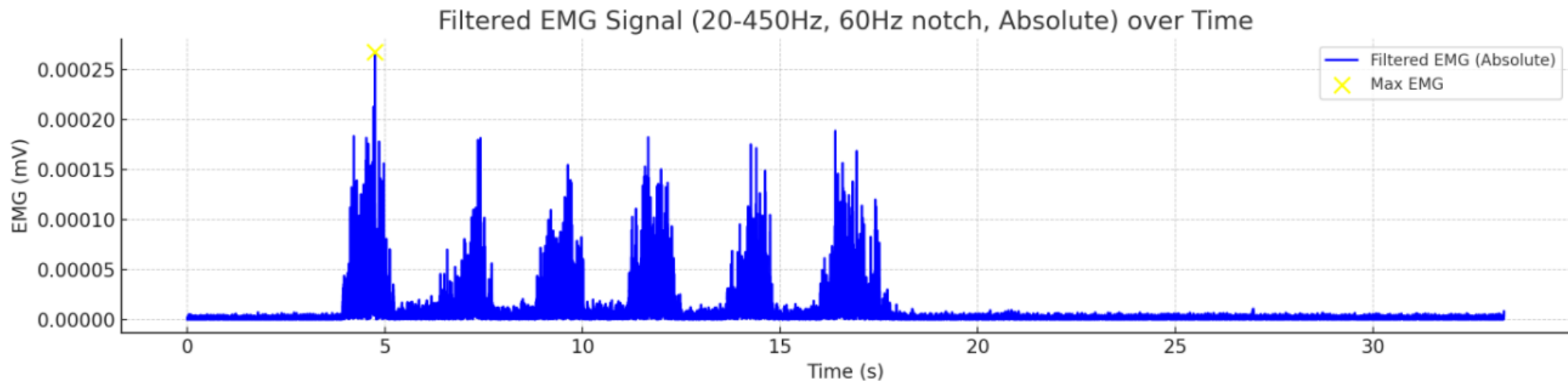


대퇴이둔근

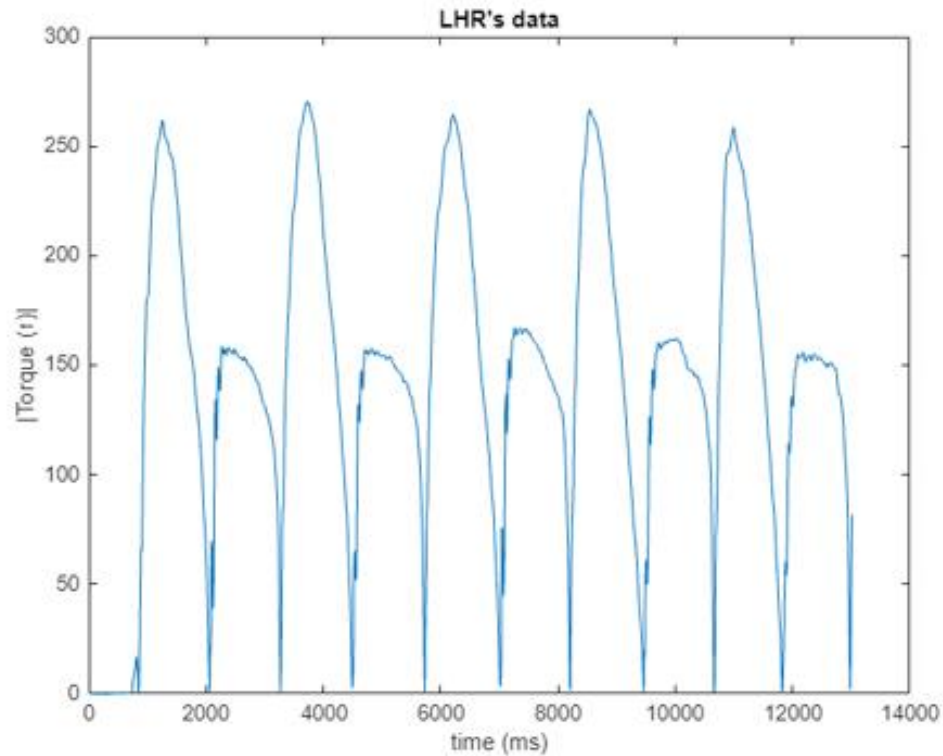
반건양근 및 반막근



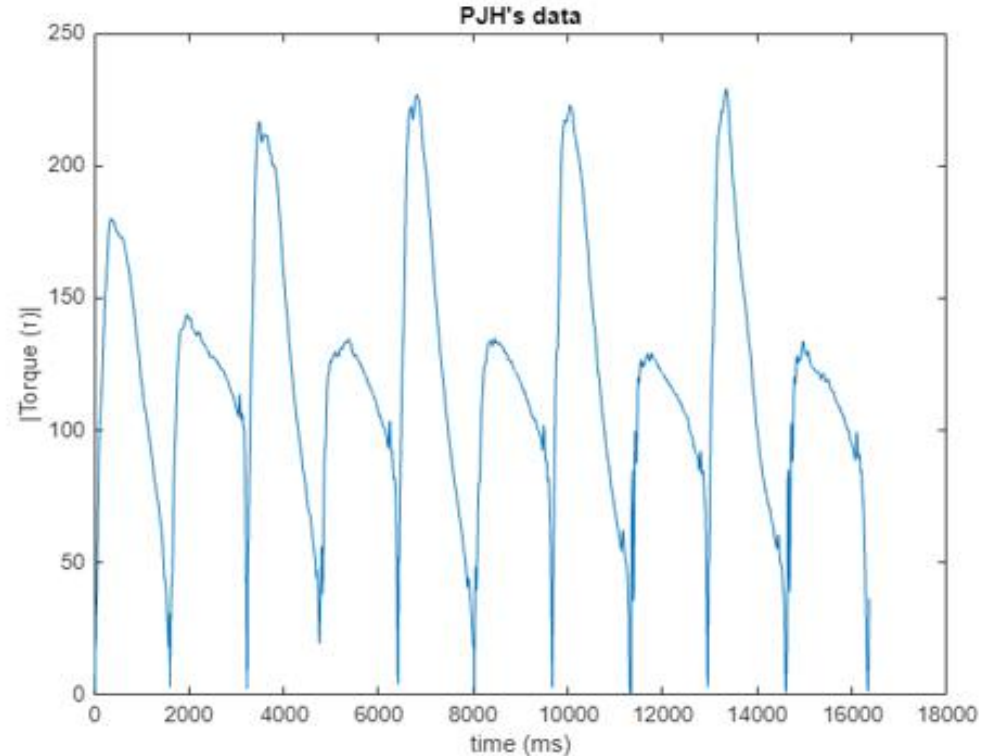
가설증명 : 근전도와 근력은 비례한다



근육을 통한 부상 방지 비율 추정



LHR's data : 61.80 %

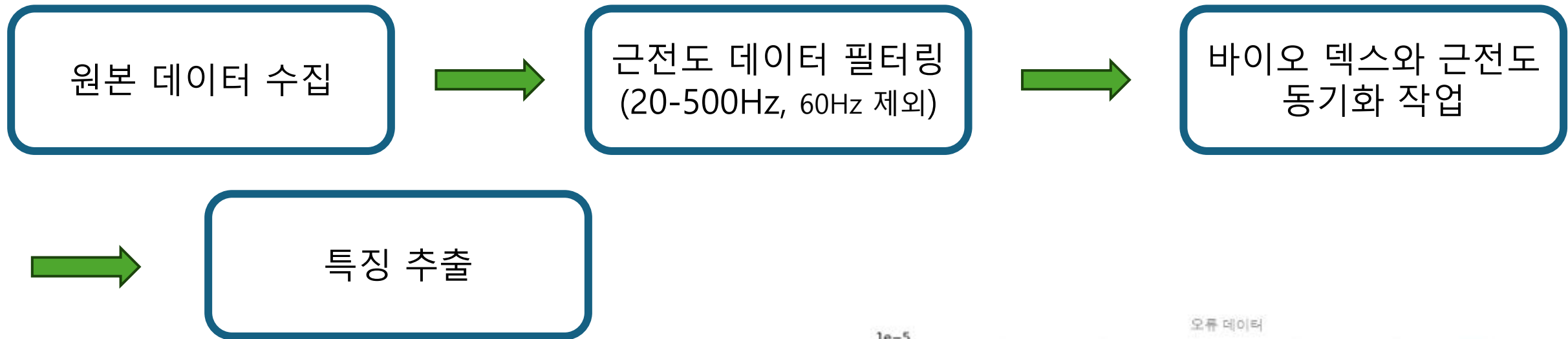


PJH's data : 62.78 %

60% 미만시 부상위험이 있다.

두 피험자 모두 부상 이력이 없는 남성으로, 부상 위험도에서 제외된다

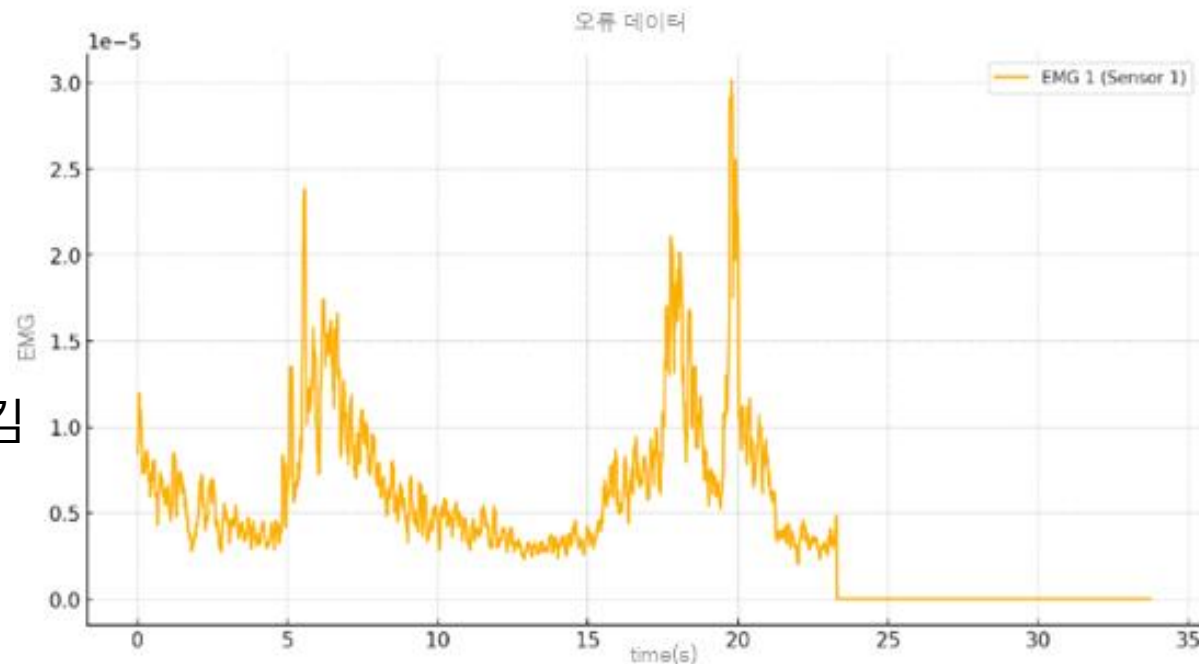
데이터 처리



총 4명에게 대퇴사두근 수축(extension),
햄스트링 수축(flexion) 운동 각각 130개의 데이터를 획득

첫날에 측정한 인원의 데이터 40개의 경우 EMG 기기
설정의 미숙함으로 40개의 데이터를 측정하였으나 제외시킴

총 90개의 데이터를 사용!



데이터

허벅지 근육이 수축 운동할 때 근전도가 측정되는 것을 확인 가능

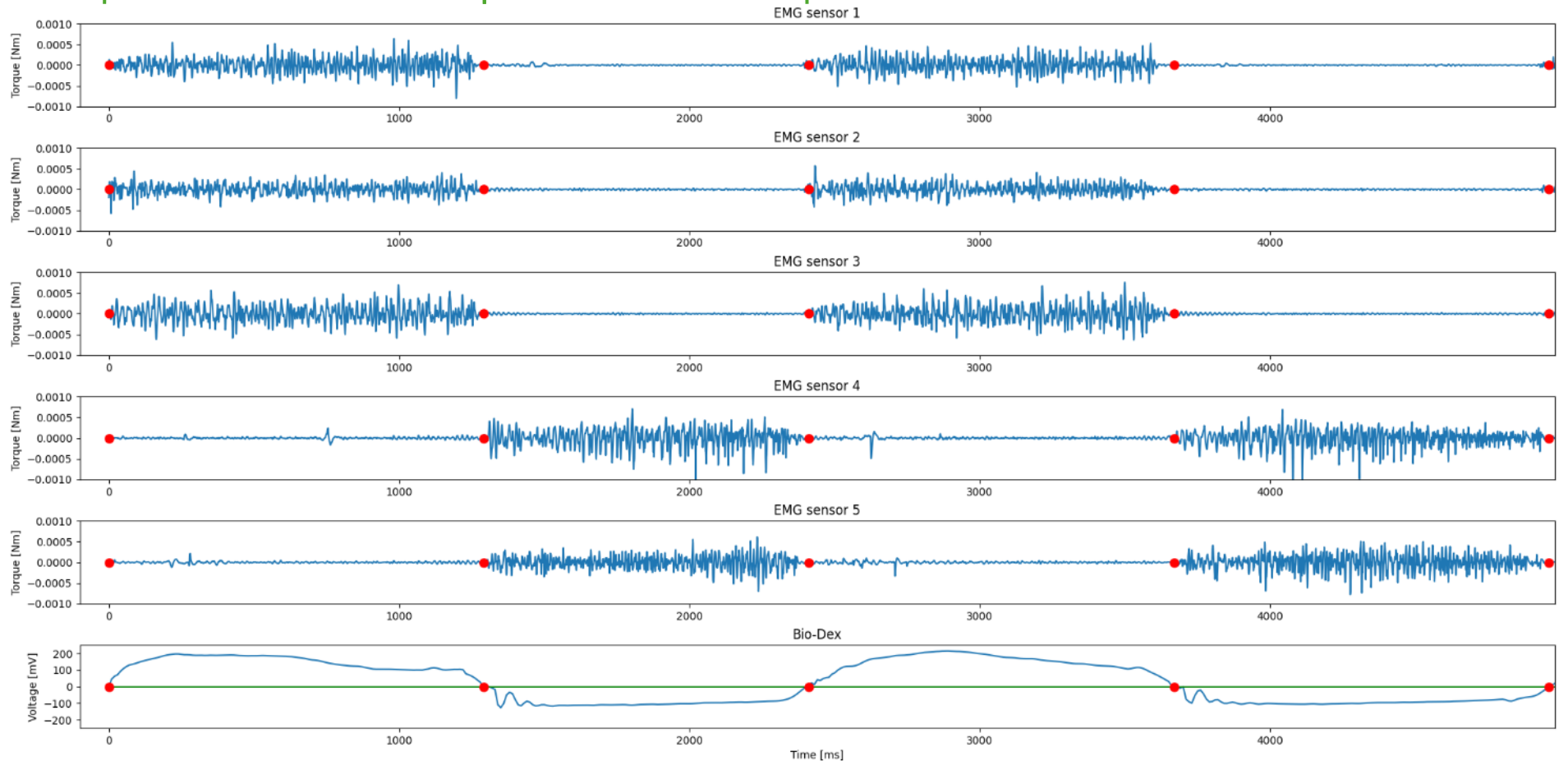
펼 때

굽힐 때

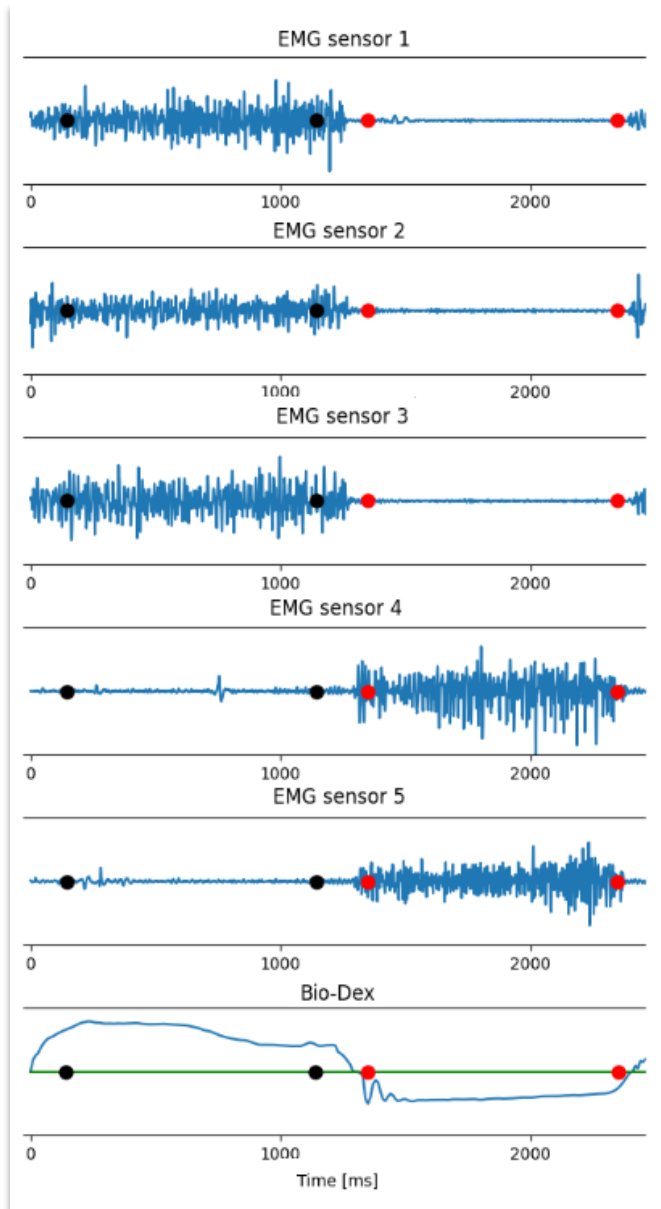
대퇴사두근

햄스트링

바이오 텍스

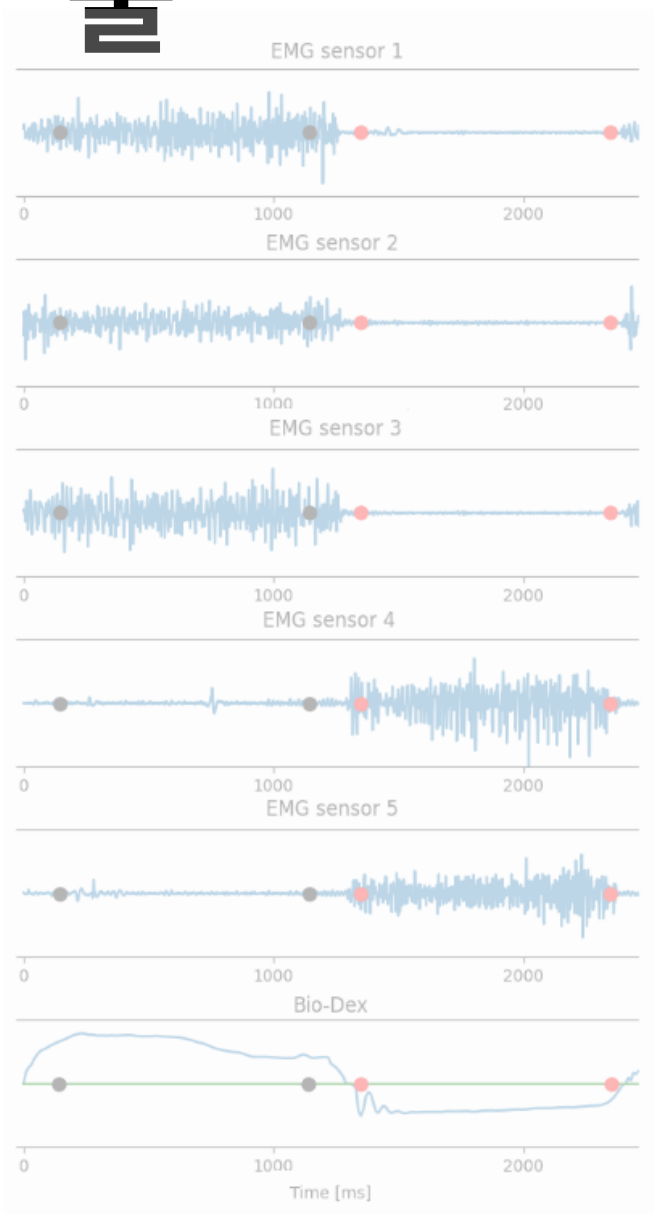


특징 추출



사람마다 수축 운동하는 시간이 다르기 때문에 중앙을 기준으로 '1초'를 분리하여 데이터를 분리하여 절댓값 후 특징을 추출

특징 추출



사람마다 수축 운동하는 시간이 다르기 때문에 중앙을 기준으로 '1초'를 분리하여 데이터를 분리하여 절댓값 후 특징을 추출

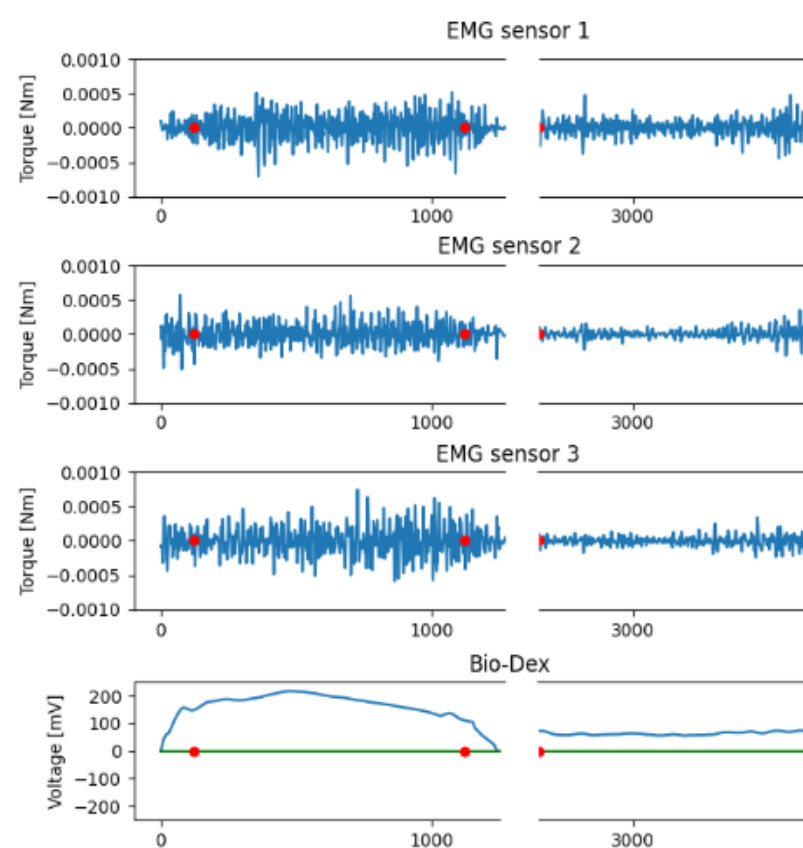
바이오 텍스의 근력 값을 추정하기 위해 근전도의 로우 데이터에서 **Area, Add, RMS, Variance**를 특징으로 추출하여 회귀학습을 진행

근거

Area, Add : 근력의 피크가 커지면 근전도의 진폭도 커지는 것을 이용

RMS : 근전도의 진폭이 커지므로 그에 따른 실효 값도 커지는 것을 이용

Variance : 근력이 커지면 데이터의 흩어짐 정도도 커지는 것을 이용



학습 진행

MAE(Mean Absolute Error) : 평균 절대 오차

RMSE(Root Mean Squared Error) : 평균 제곱근 오차

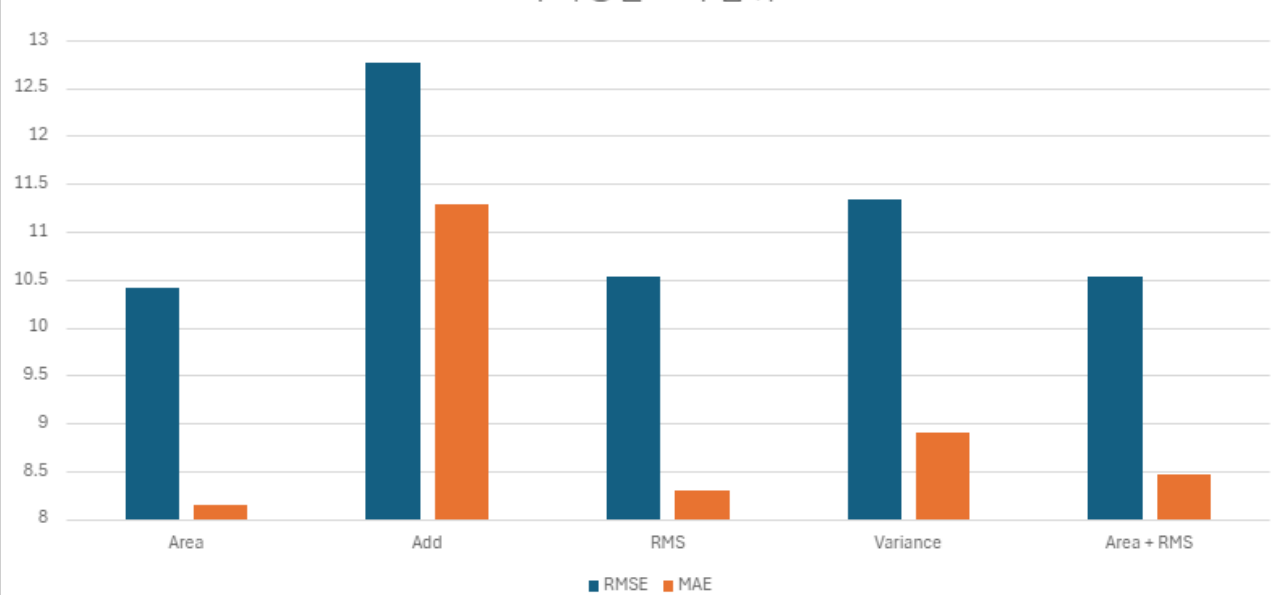
근전도 센서 5개의 특징을 하나씩 데이터(input)와 바이오 텍스에서 추정한 근력 값(output)으로 학습을 진행

학습 데이터 80개에 대한 결과 값

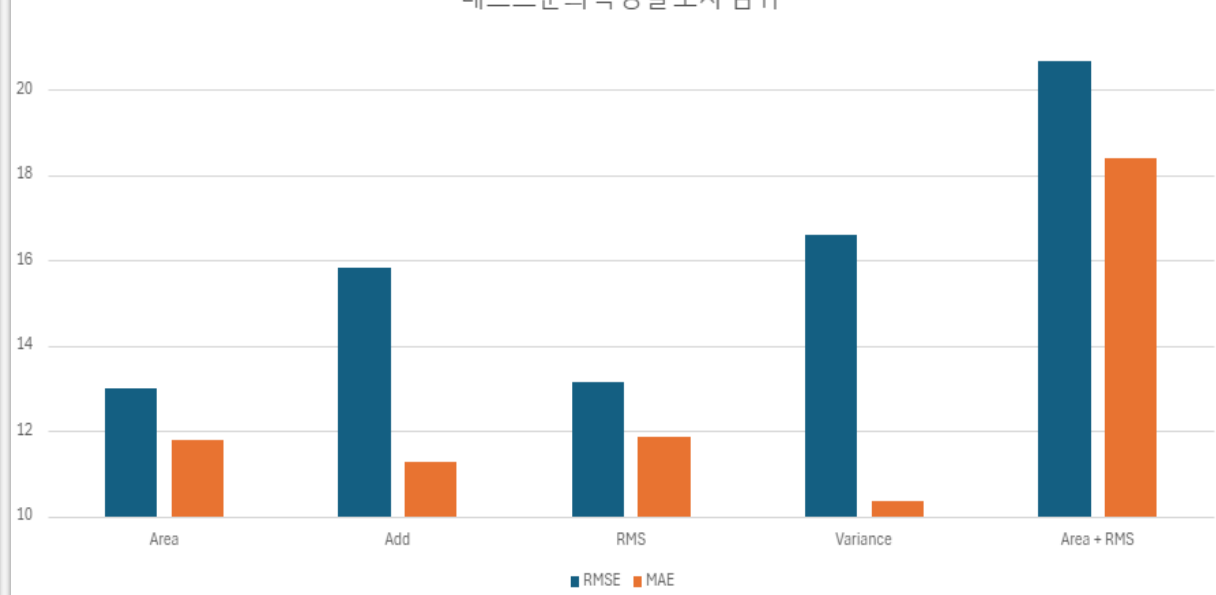
테스트 데이터 10개에 대한 결과 값

오차이므로 낮은 값이 좋은 결과

각 특징별 오차 범위



테스트군의 특징별 오차 범위



학습 데이터의 경우 **MAE와 RMSE 모두 Area** 특징에서 우세

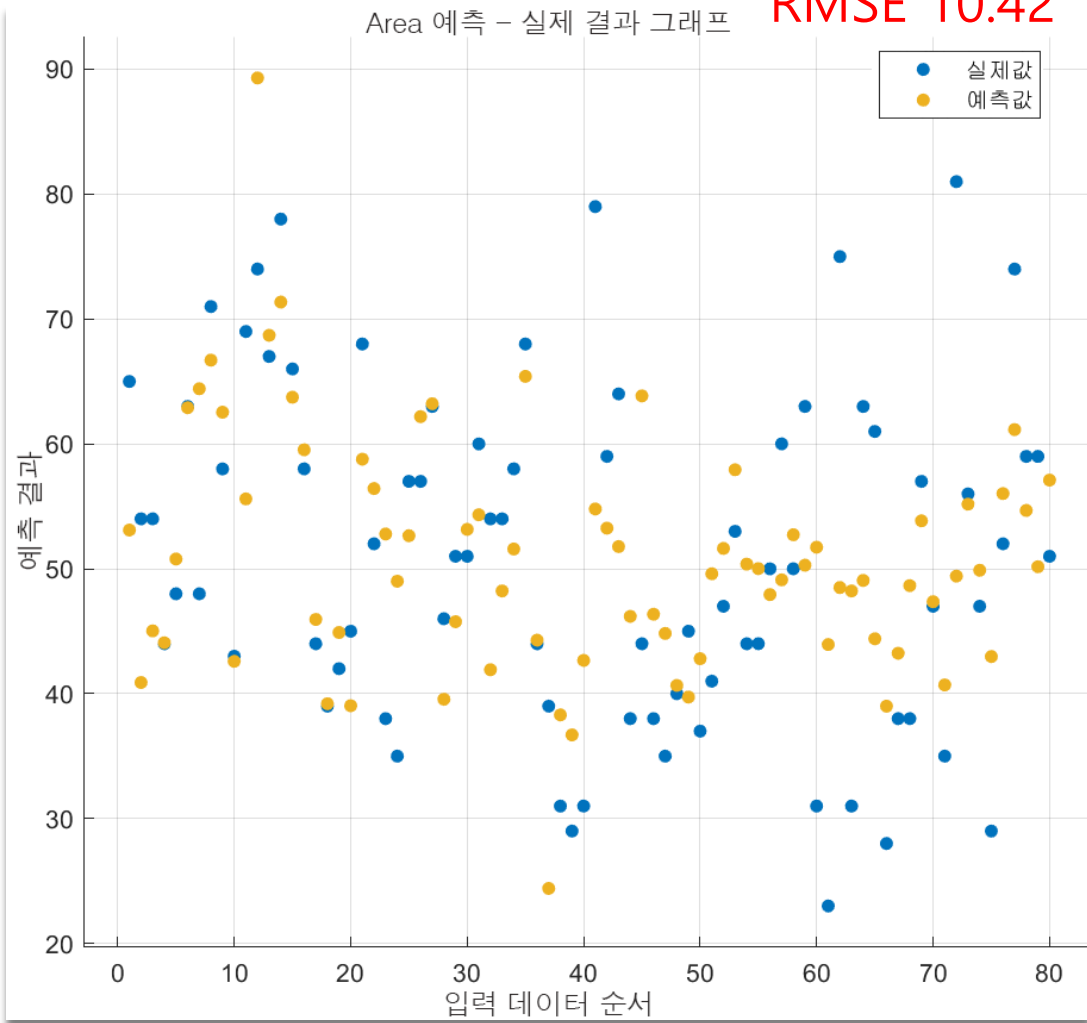
즉, **Area를 특징으로 선택함!**

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

학습 결과

학습 후 학습 데이터를 대상으로 예측한 결과

RMSE 10.42



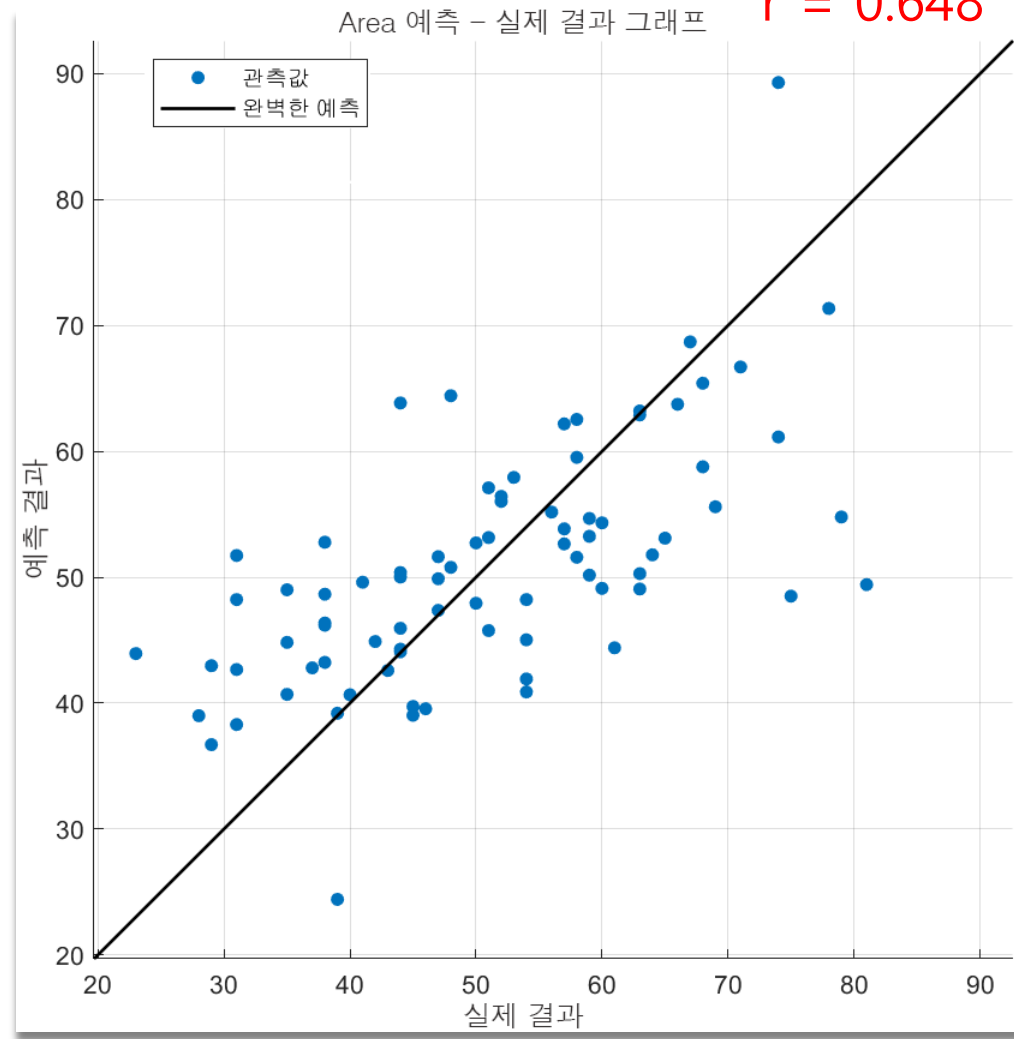
r (Correlation coefficient) : 상관계수 ($-1 \leq r \leq 1$)

RMSE(Root Mean Squared Error) : 평균 제곱근 오차

예측한 결과와 실제 결과 값

$r = 0.648$

Y축은 (햄스트링/대퇴사두근)근력 비예

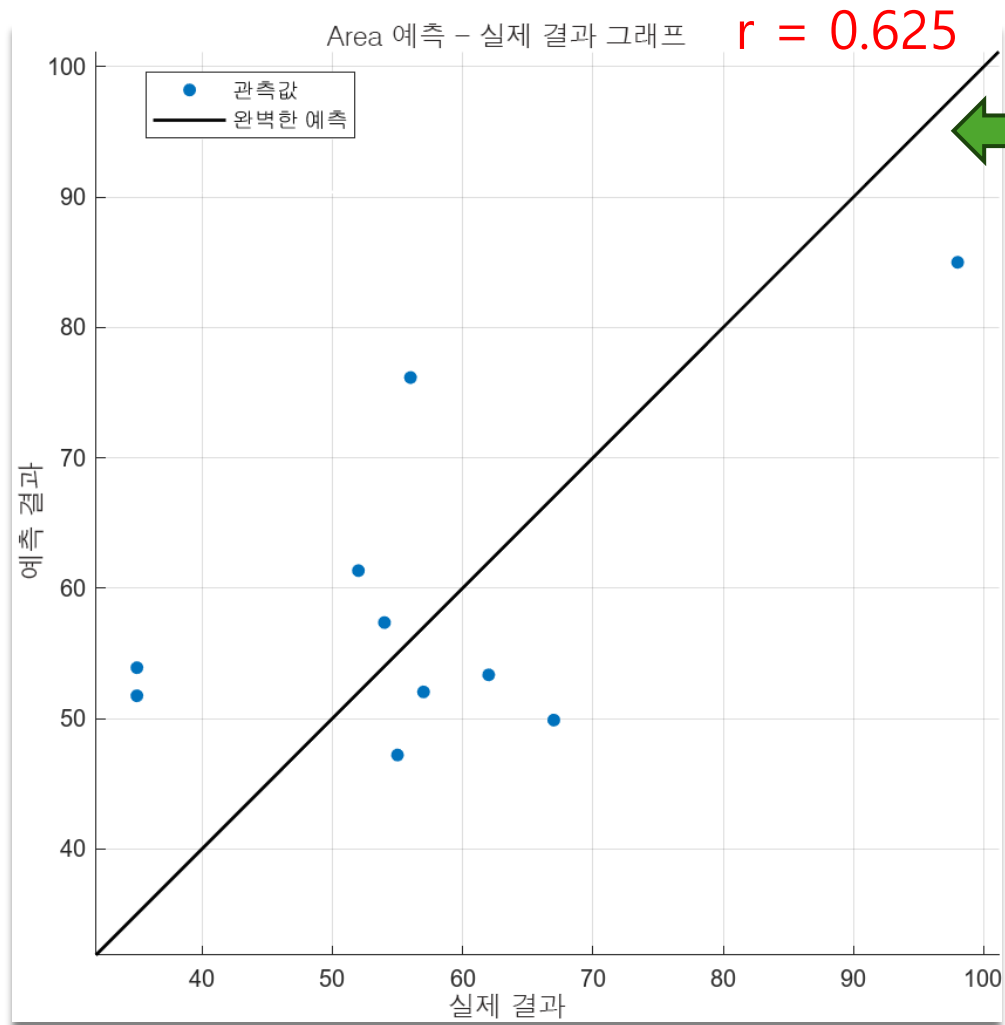


학습 결과

r (Correlation coefficient) : 상관계수 ($-1 \leq r \leq 1$)

RMSE(Root Mean Squared Error) : 평균 제곱근 오차

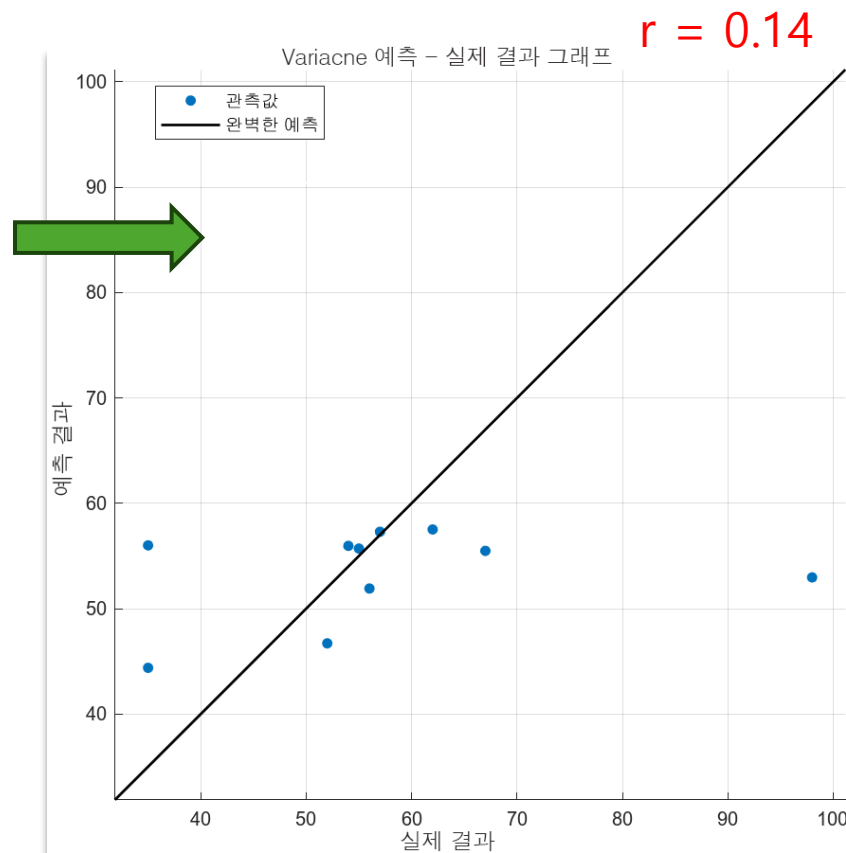
테스트 데이터를 예측한 결과와 실제 결과 값



실제로 학습을 하지 않은 데이터의 경우도 상관계수가 0.625로 나타남

실제로 Variance 학습 결과 MAE 가 낮은 Variance는 상관계수가 0.14로 나타남

Area로 여러 가지 학습을 진행!



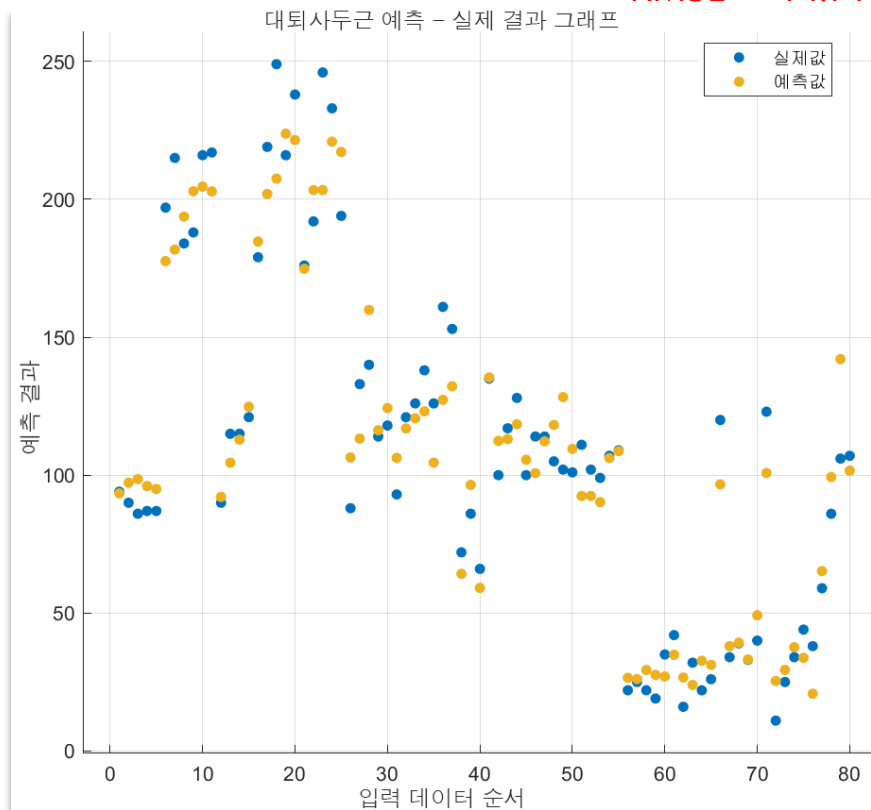
대퇴사두근(area)

r (Correlation coefficient) : 상관계수 ($-1 \leq r \leq 1$)

RMSE(Root Mean Squared Error) : 평균 제곱근 오차

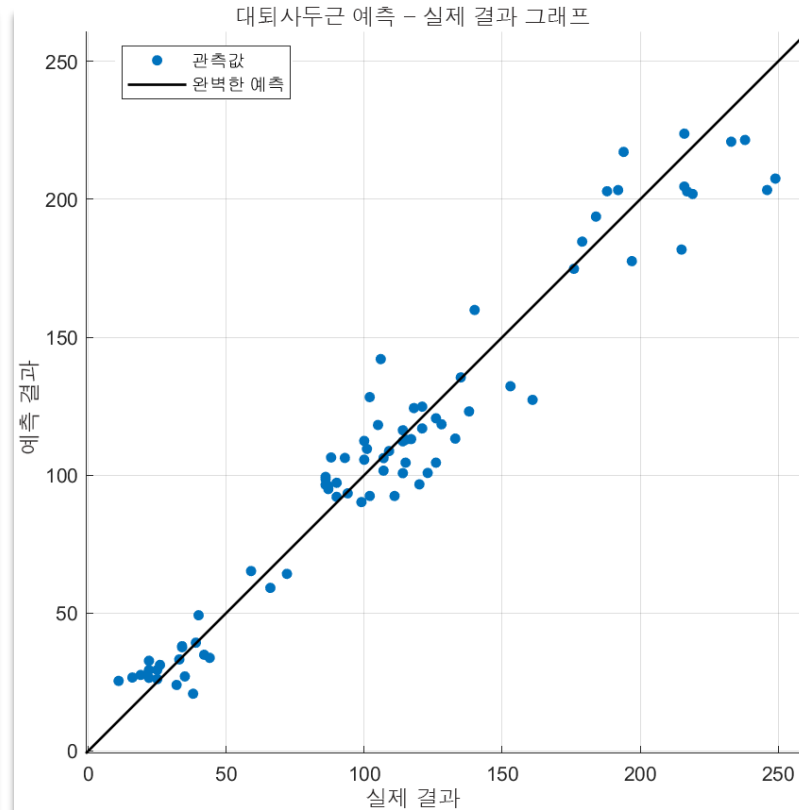
대퇴사두근만 비교하였을 때 실제 값과 예측 값이 잘 나오는 것으로 확인
이때 출력 값은 0- 250(torque)사이의 범위가 출력됨

RMSE = 14.71



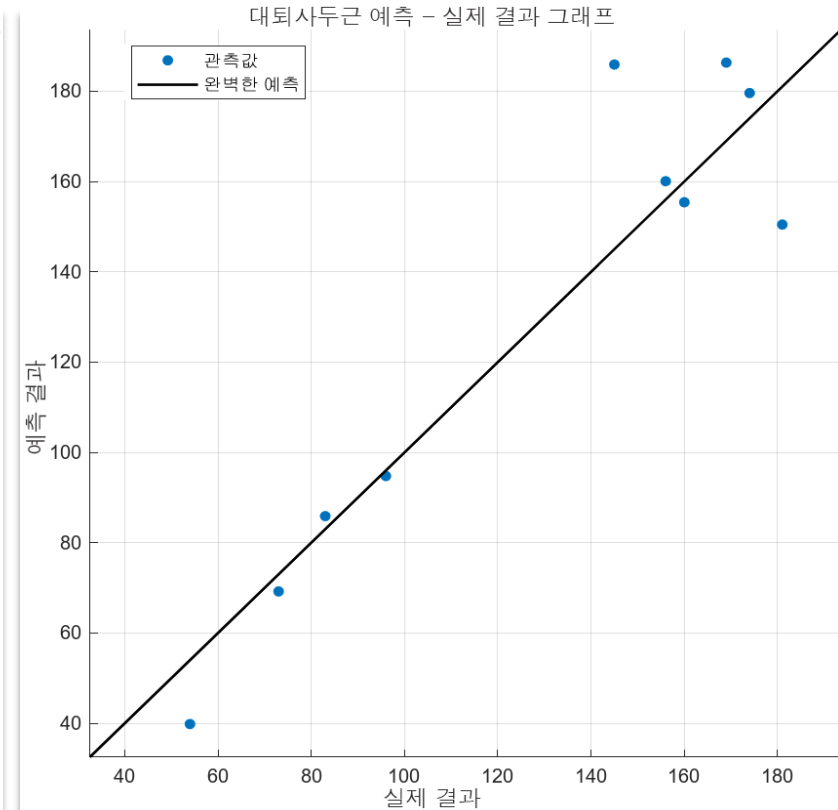
학습 데이터 대상으로 예측

$r = 0.95$



학습 데이터 대상으로 예측

$r = 0.91$



테스트 데이터로 예측

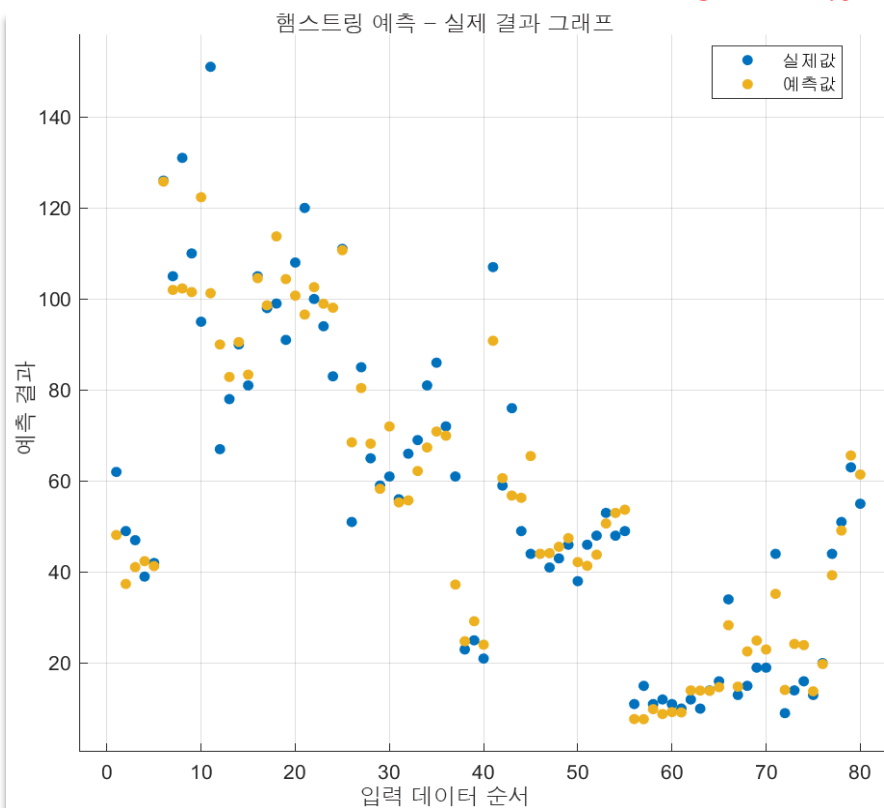
햄스트링(area)

r (Correlation coefficient) : 상관계수 ($-1 \leq r \leq 1$)

RMSE(Root Mean Squared Error) : 평균 제곱근 오차

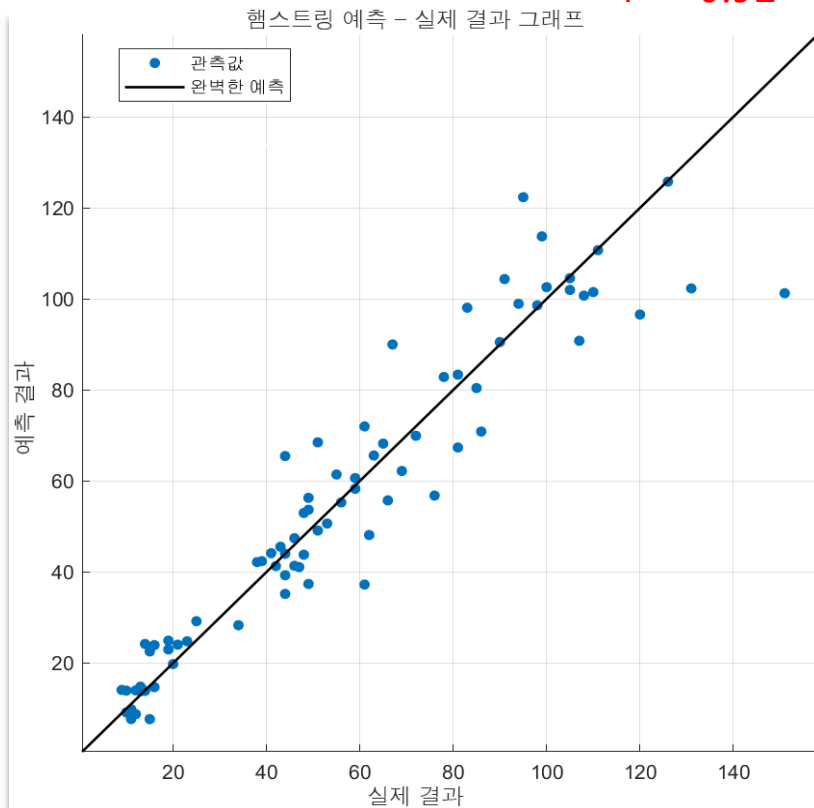
햄스트링도 마찬가지로 예측이 잘 되는 것으로 확인됨
이때 출력 값은 0- 140(torque)사이의 범위가 출력됨

RMSE = 11.07



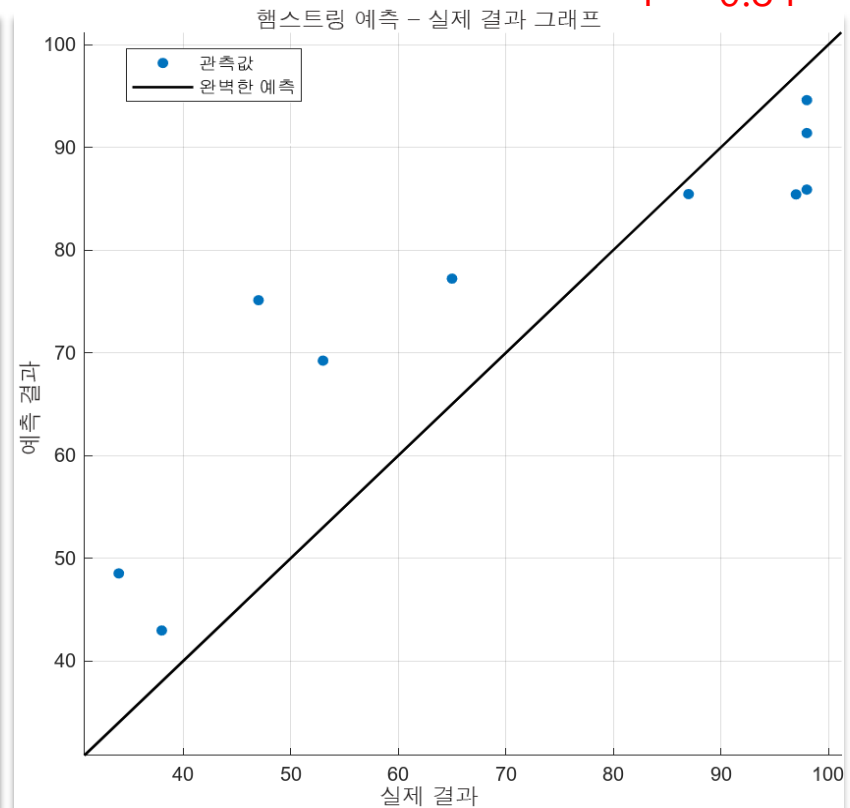
학습 데이터 대상으로 예측

$r = 0.92$



학습 데이터 대상으로 예측

$r = 0.84$



테스트 데이터로 예측

자체 평가 및 예상

1. 근전도와 근력 간에 상관관계가 있다고 추론
2. 이를 통해 일반인도 비싼 바이오 텍스 장비 없이도 사용이 가능
-> 근전도 기기를 이용하여 부상 위험도 추정이 가능
3. 원하는 근력에 따른 근전도를 사용하여 의족, 의수 등에 사용 시 사용자가 원하는 힘의 크기대로 전자기기를 컨트롤할 수 있을 것으로 기대

감사합니다.

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