



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 이용허락조건을 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](#)

석사학위논문

단기간의 신장성과 단축성 수축 운동이  
남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과  
등속성 근기능에 미치는 영향

정 주 연

제주대학교 대학원

체육학과

2024년 2월



# 단기간의 신장성과 단축성 수축 운동이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향

이 논문을 체육학 석사 학위논문으로 제출함

정 주 연


제주대학교 대학원


체육학과

지도교수 서 태 범

정주연의 체육학 석사 학위논문을 인준함

2023년 12월

심사위원장 김 영 표 

위 원 김 미 영 

위 원 서 태 범 

# 목 차

<b>I. 서 론</b> .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	4
3. 연구의 가설 .....	5
4. 연구의 제한점 .....	6
5. 용어 정의 .....	7
<b>II. 이론적 배경</b> .....	9
1. 근육의 특성 .....	9
1) 지근과 속근 .....	9
2) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 .....	10
2. 체력 .....	12
1) 건강 관련 체력 .....	12
2) 기술 관련 체력 .....	15
3. 등속성 근기능 .....	18
<b>III. 연구방법</b> .....	21
1. 연구설계 .....	21
2. 연구대상 .....	22
3. 운동프로그램 .....	23
1) 신장성 및 단축성 수축 운동프로그램 .....	23
2) 운동 강도 설정 .....	25
4. 측정 항목 및 방법 .....	26
1) 신체구성 .....	26
2) 신체둘레 .....	27

3) 건강 및 기술 관련 체력 .....	29
4) 등속성 근기능 .....	36
5. 자료처리 .....	39
<b>IV. 연구결과</b> .....	<b>40</b>
1. 수축 운동 방법에 따른 신체구성의 변화 .....	40
2. 수축 운동 방법에 따른 신체둘레의 변화 .....	50
3. 수축 운동 방법에 따른 건강 및 기술 관련 체력의 변화 .....	62
4. 수축 운동 방법에 따른 등속성 근기능의 변화 .....	86
<b>V. 논 의</b> .....	<b>144</b>
1. 신체구성의 변화 .....	144
2. 신체둘레의 변화 .....	145
3. 건강 및 기술 관련 체력의 변화 .....	146
4. 등속성 근기능의 변화 .....	148
<b>VI. 결 론</b> .....	<b>151</b>
<b>참고문헌</b> .....	<b>153</b>
<b>&lt;Abstract&gt;</b> .....	<b>171</b>

## List of Tables

Table 1. Characteristics of participants .....	22
Table 2. Eccentric and concentric contraction exercise program .....	24
Table 3. Health- and skill-related physical fitness .....	29
Table 4. Isokinetic muscular function .....	37
Table 5. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body weight (kg) .....	40
Table 6. The result of two-way repeated measures ANOVA for body weight .....	41
Table 7. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for skeletal muscle mass (kg) .....	42
Table 8. The result of two-way repeated measures ANOVA for skeletal muscle mass .....	42
Table 9. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body fat mass (kg) .....	44
Table 10. The result of two-way repeated measures ANOVA for body fat mass .....	44
Table 11. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body mass index (kg/m <sup>2</sup> ) .....	46
Table 12. The result of two-way repeated measures ANOVA for body mass index .....	46
Table 13. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for percent body fat (%) .....	48
Table 14. The result of two-way repeated measures ANOVA for percent body fat .....	48
Table 15. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for chest circumference (cm) .....	50

Table 16. The result of two-way repeated measures ANOVA for chest circumference .....	50
Table 17. The result of descriptive statistics and ANCOVA for hip circumference (cm) .....	52
Table 18. The result of two-way repeated measures ANOVA for hip circumference .....	52
Table 19. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right mid thigh circumference (cm) .....	54
Table 20. The result of two-way repeated measures ANOVA for right mid thigh circumference .....	54
Table 21. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left mid thigh circumference (cm) .....	56
Table 22. The result of two-way repeated measures ANOVA for left mid thigh circumference .....	56
Table 23. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right calf circumference (cm) .....	58
Table 24. The result of two-way repeated measures ANOVA for right calf circumference .....	58
Table 25. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left calf circumference (cm) .....	60
Table 26. The result of two-way repeated measures ANOVA for left calf circumference .....	60
Table 27. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right hand grip strength (kg) .....	62
Table 28. The result of two-way repeated measures ANOVA for right hand grip strength .....	62
Table 29. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left hand grip strength (kg) .....	64
Table 30. The result of two-way repeated measures ANOVA for left hand	

grip strength	64
Table 31. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for back muscular strength (kg)	66
Table 32. The result of two-way repeated measures ANOVA for back muscular strength	66
Table 33. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sit-up (reps/60sec)	68
Table 34. The result of two-way repeated measures ANOVA for sit-up	68
Table 35. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sit and reach (cm)	70
Table 36. The result of two-way repeated measures ANOVA for sit and reach	70
Table 37. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for front abdominal power test (m)	72
Table 38. The result of two-way repeated measures ANOVA for front abdominal power test	72
Table 39. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sargent jump (cm)	74
Table 40. The result of two-way repeated measures ANOVA for sargent jump	74
Table 41. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for standing long jump (m)	76
Table 42. The result of two-way repeated measures ANOVA for standing long jump	76
Table 43. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for ten-meter sprint (sec)	78
Table 44. The result of two-way repeated measures ANOVA for ten-meter sprint	78
Table 45. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for	



	twenty-meter sprint (sec) .....	80
Table 46.	The result of two-way repeated measures ANOVA for twenty-meter sprint .....	80
Table 47.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for thirty-meter sprint (sec) .....	82
Table 48.	The result of two-way repeated measures ANOVA for thirty-meter sprint .....	82
Table 49.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for Illinois agility test (sec) .....	84
Table 50.	The result of two-way repeated measures ANOVA for Illinois agility test .....	84
Table 51.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in right knee extensor (%BW) .....	86
Table 52.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in right knee extensor .....	86
Table 53.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in right knee flexor (%BW) .....	88
Table 54.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in right knee flexor .....	88
Table 55.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in left knee extensor (%BW) .....	90
Table 56.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in left knee extensor .....	90
Table 57.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in left knee flexor (%BW) .....	92
Table 58.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in left knee flexor .....	92
Table 59.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for H:Q ratio of the right knee (%) .....	94

Table 60. The result of two-way repeated measures ANOVA for H:Q ratio of the right knee .....	94
Table 61. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for H:Q ratio of the left knee (%) .....	96
Table 62. The result of two-way repeated measures ANOVA for H:Q ratio of the left knee .....	96
Table 63. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for peak torque deficit in knee extensor (%) .....	98
Table 64. The result of two-way repeated measures ANOVA for peak torque deficit in knee extensor .....	98
Table 65. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for peak torque deficit in knee flexor (%) .....	100
Table 66. The result of two-way repeated measures ANOVA for peak torque deficit in knee flexor .....	100
Table 67. The result of descriptive statistics and ANCOVA for joint angle at peak torque in right knee extensor (degrees) .....	102
Table 68. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in right knee extensor .....	102
Table 69. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in right knee flexor (degrees) .....	104
Table 70. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in right knee flexor .....	104
Table 71. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in left knee extensor (degrees) .....	106
Table 72. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in left knee extensor .....	106
Table 73. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in left knee flexor (degrees) .....	108
Table 74. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle	

at peak torque in left knee flexor	108
Table 75. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in right knee extensor (%)	110
Table 76. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in right knee extensor	110
Table 77. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in right knee flexor (%)	112
Table 78. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in right knee flexor	112
Table 79. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in left knee extensor (%)	114
Table 80. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in left knee extensor	114
Table 81. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in left knee flexor (%)	116
Table 82. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in left knee flexor	116
Table 83. The result of descriptive statistics and ANCOVA for total work done in right knee extensor (N·m)	118
Table 84. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in right knee extensor	118
Table 85. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in right knee flexor (N·m)	120
Table 86. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in right knee flexor	120
Table 87. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in left knee extensor (N·m)	122
Table 88. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in left knee extensor	122

Table 89. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in left knee flexor (N·m) .....	124
Table 90. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in left knee flexor .....	124
Table 91. The result of descriptive statistics and ANCOVA for average power per repetition in right knee extensor (W) .....	126
Table 92. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in right knee extensor .....	126
Table 93. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in right knee flexor (W) .....	128
Table 94. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in right knee flexor .....	128
Table 95. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in left knee extensor (W) .....	130
Table 96. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in left knee extensor .....	130
Table 97. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in left knee flexor (W) .....	132
Table 98. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in left knee flexor .....	132
Table 99. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for absolute value of peak torque in trunk flexor (N·m) .....	134
Table 100. The result of two-way repeated measures ANOVA for absolute value of peak torque in trunk flexor .....	134
Table 101. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in trunk flexor (%BW) .....	136
Table 102. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in trunk flexor .....	136
Table 103. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for	

	absolute value of peak torque in trunk extensor (N·m) .....	138
Table 104.	The result of two-way repeated measures ANOVA for absolute value of peak torque in trunk extensor .....	138
Table 105.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in trunk extensor (%BW) .....	140
Table 106.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in trunk extensor .....	140
Table 107.	The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of F:E ratio in trunk (%) .....	142
Table 108.	The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of F:E ratio in trunk .....	142

## List of Figure

Figure 1. The experimental study design .....	21
Figure 2. Body composition test .....	26
Figure 3. Chest circumference test .....	27
Figure 4. Hip circumference test .....	28
Figure 5. Mid thigh circumference test .....	28
Figure 6. Calf circumference test .....	29
Figure 7. Hand grip strength test .....	30
Figure 8. Back muscular strength test .....	31
Figure 9. Sit-up test .....	32
Figure 10. Sit and reach test .....	32
Figure 11. Front abdominal power test .....	33
Figure 12. Sargent jump test .....	34
Figure 13. Standing long jump test .....	35
Figure 14. Ten/twenty/thirty-meter sprint test .....	35
Figure 15. Illinois agility test .....	36
Figure 16. Knee isokinetic muscular function test .....	37
Figure 17. Trunk isokinetic muscular function test .....	38
Figure 18. Change of body weight after exercise .....	41
Figure 19. Change of skeletal muscle mass after exercise .....	43
Figure 20. Change of body fat mass after exercise .....	45
Figure 21. Change of body mass index after exercise .....	47
Figure 22. Change of percent body fat after exercise .....	49
Figure 23. Change of chest circumference after exercise .....	51
Figure 24. Change of hip circumference after exercise .....	53
Figure 25. Change of right mid thigh circumference after exercise .....	55
Figure 26. Change of left mid thigh circumference after exercise .....	57

Figure 27. Change of right calf circumference after exercise .....	59
Figure 28. Change of left calf circumference after exercise .....	61
Figure 29. Change of right hand grip strength after exercise .....	63
Figure 30. Change of left hand grip strength after exercise .....	65
Figure 31. Change of back muscular strength after exercise .....	67
Figure 32. Change of sit-up after exercise .....	69
Figure 33. Change of sit and reach after exercise .....	71
Figure 34. Change of front abdominal power test after exercise .....	73
Figure 35. Change of sargent jump after exercise .....	75
Figure 36. Change of standing long jump after exercise .....	77
Figure 37. Change of ten-meter sprint after exercise .....	79
Figure 38. Change of twenty-meter sprint after exercise .....	81
Figure 39. Change of thirty-meter sprint after exercise .....	83
Figure 40. Change of Illinois agility test after exercise .....	85
Figure 41. Change of relative value of peak torque in right knee extensor after exercise .....	87
Figure 42. Change of relative value of peak torque in right knee flexor after exercise .....	89
Figure 43. Change of relative value of peak torque in left knee extensor after exercise .....	91
Figure 44. Change of relative value of peak torque in left knee flexor after exercise ..	93
Figure 45. Change of H:Q ratio of the right knee after exercise .....	95
Figure 46. Change of H:Q ratio of the left knee after exercise .....	97
Figure 47. Change of peak torque deficit in knee extensor after exercise ..	99
Figure 48. Change of peak torque deficit in knee flexor after exercise .....	101
Figure 49. Change of joint angle at peak torque in right knee extensor after exercise .....	103
Figure 50. Change of joint angle at peak torque in right knee flexor after exercise ..	105
Figure 51. Change of joint angle at peak torque in left knee extensor after exercise ..	107

Figure 52. Change of joint angle at peak torque in left knee flexor after exercise	109
Figure 53. Change of fatigue index in right knee extensor after exercise	111
Figure 54. Change of fatigue index in right knee flexor after exercise	113
Figure 55. Change of fatigue index in left knee extensor after exercise	115
Figure 56. Change of fatigue index in left knee flexor after exercise	117
Figure 57. Change of total work done in right knee extensor after exercise	119
Figure 58. Change of total work done in right knee flexor after exercise	121
Figure 59. Change of total work done in left knee extensor after exercise	123
Figure 60. Change of total work done in left knee flexor after exercise	125
Figure 61. Change of average power per repetition in right knee extensor after exercise	127
Figure 62. Change of average power per repetition in right knee flexor after exercise	129
Figure 63. Change of average power per repetition in left knee extensor after exercise	131
Figure 64. Change of average power per repetition in left knee flexor after exercise	133
Figure 65. Change of absolute value of peak torque in trunk flexor after exercise	135
Figure 66. Change of relative value of peak torque in trunk flexor after exercise	137
Figure 67. Change of absolute value of peak torque in trunk extensor after exercise	139
Figure 68. Change of relative value of peak torque in trunk extensor after exercise	141
Figure 69. Change of relative value of F:E ratio in trunk after exercise	143



<국문초록>

## 단기간의 신장성과 단축성 수축 운동이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향

정 주 연

제주대학교 대학원 체육학과

본 연구의 목적은 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 본 연구의 대상은 3개월 이상 저항성 운동 참여 경험이 있으며, 최근 1년 이상 심혈관계 및 근골격계 질환이 없는 건강한 남자 대학생 20명을 선정하였다. 선정된 대상자는 무선할당(Random assignment) 방식에 따라 신장성 수축 운동 집단(Eccentric contraction exercise group, ECG; n=7), 단축성 수축 운동 집단(Concentric contraction exercise group, CCG; n=7), 통제 집단(Control group, CG; n=6)으로 구분하였다. ECG와 CCG는 각각의 수축 방법에 초점을 두어 5:1 시간 비율로 신장성 및 단축성 수축 운동을 일일 75분, 주 3회, 4주간 수행하였다. 운동의 효과를 확인하기 위해 운동프로그램 참여 전, 후로 신체구성, 신체둘레(가슴, 엉덩이, 대퇴 중앙, 종아리), 건강 및 기술 관련 체력(악력, 배근력, 윗몸일으키기, 앉아 윗몸 앞으로 굽히기, 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기, 제자리 높이 뛰기, 제자리

멀리 뛰기, 10/20/30m 달리기, 일리노이 민첩성 검사), 등속성 근기능(60°/sec와 240°/sec에서 무릎의 근력과 근지구력, 30°/sec에서 허리의 근력)을 측정하였다. 본 연구의 자료처리는 SPSS Ver. 24.0을 이용하여 각 변인의 평균과 표준편차를 산출하였다. 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인하기 위해 이원변량 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 집단 간 차이를 검증하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였다. 각 집단 내에서의 변화량은 대응 표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하여 확인하였다. 또한, 사전에 유의한 차이가 나타난 변인은 공분산 분석(ANCOVA)으로 사전변인을 통제하였으며, 사후검증은 Scheffe 방법(Scheffe test)을 사용하여 효과의 크기를 확인하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 신체구성 중 체지방량은 CG보다 CCG에서 유의하게 감소하였다.

둘째, 건강 관련 체력 중 근지구력(윗몸일으키기)은 집단과 시기 간 상호작용 효과가 나타났으며, CG보다 ECG에서 유의하게 증가하였다.

셋째, 기술 관련 체력 중 스피드(10m 달리기)는 CG보다 CCG에서 유의하게 감소하였다.

넷째, 등속성 근기능 중 무릎 근지구력 240°/sec에서의 우굴근 피로 지수는 CG보다 ECG에서 유의하게 증가하였다.

본 연구의 결과를 종합해 보면, 단기간(4주) 신장성 수축 운동은 근지구력과 등속성 근지구력에 영향을 미치며, 단축성 수축 운동은 신체구성과 스피드에 효과가 있는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구는 훈련 목적에 따라 필요한 수축 운동 방법을 선택하여 수행하는 것이 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능을 향상 시키는데 효율적임을 제시한다.

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

정보통신기술(information and communication technologies, ICT)의 발전에 따른 디지털화 및 경제성장과 더불어, 코로나19(COVID-19) 발병 이후 오늘날 국민은 기초체력의 감소, 근육 형성의 불균형, 신체와 정신의 부조화와 아울러 신체활동의 부족으로 이어지고 있으며(윤필한 등, 2022), 이로 인해 당뇨병 및 고혈압과 같은 대사성 질환의 발병률이 증가하고 있다(질병관리청, 2022). 또한, 무한경쟁으로 치달고 있는 현대사회 속에서 시간적 여유 부족으로 8주 이상의 중·장기간 운동 수행보다 단기간 훈련에 대한 선호 및 요구가 증가하는 추세다(취업포털커리어, 2013). 이에 단기간 훈련으로 개인의 건강 및 체형 관리를 할 수 있는 스포츠 활동에 대한 관심이 높아지고 있다(문화체육관광부, 2022).

그동안 현대인들의 신체활동 감소와 운동량 부족으로 나타나는 각종 성인병을 예방하고 건강한 신체를 유지하는 방안으로 운동의 역할이 강조되었다. ACSM (american college of sports medicine)과 CDC (centers for disease control and prevention)에서는 일반인에게 걷기, 조깅, 사이클링, 에어로빅 댄스, 수영 등과 같이 장소에 제약 없이 누구나 쉽게 접할 수 있는 유산소 운동(Aerobic exercise)을 중강도로 150분 참여하는 것을 권장하고 있으며, 대근육군에 대한 근력(muscular strength)을 유지하고 증가시키는 저항성 운동(resistance exercise)을 주 2회 이상 수행할 것을 제안하고 있다(Locks et al., 2012; CDC, 2021; ACSM, 2022). 이처럼, 다양한 연구에서 유·무산소성 운동지침을 제시하고 있으며, 최근 연구에서는 단기간 수행으로 운동의 효과를 장시간 유지할 수 있는 저항성 운동에 관한 관심이 높아지고 있다(Widrick et al., 2002; Ashton et al., 2020).

저항성 운동은 근원섬유(myofibril)의 수와 크기를 증가시켜 근력의 향상을 유도하는 특이적인 운동 방법으로(Fleck & Kraemer, 1997), 근육의 수축 방법에 따라

정적 수축(static contraction)과 동적 수축(dynamic contraction)으로 구분된다. 정적 수축은 등척성 수축(isometric contraction)을, 동적 수축은 등장성 수축(isotonic contraction) 및 등속성 수축(isokinetic contraction)을 포함한다. 여기서 등장성 수축은 활동근의 길이에 따라 신장성 수축(eccentric contraction, ECC)과 단축성 수축(concentric contraction, CON)의 두 가지 운동 형태로 분류된다(Proske & Morgan, 2001; Padulo et al., 2013). 신장성 수축은 편심성 수축 또는 원심성 수축이라고도 하며, 근육이 만들어내는 힘이 저항하는 힘보다 적을 때 근육의 길이가 길어지면서 힘이 발생한다. 반면, 단축성 수축은 구심성 수축 또는 동심성 수축이라고도 하며, 신장성 수축과는 반대로 근육이 만들어내는 힘이 저항하는 힘보다 클 때 근육의 길이가 짧아지면서 힘이 발생한다. 근비대(muscle hypertrophy)는 근섬유(muscle fiber)의 횡단면적 증가로, 지속적인 부하를 통해 신경의 말단 가지(nerve terminal branch) 길이와 수가 변화하여 근신경계가 활성화 및 적응하는 과정에서 근섬유의 손상과 회복이 반복되는데(Moritani & DeVries, 1979; Sale, 1988; Deschenes et al., 1993), 이처럼 대부분의 저항성 운동은 등장성 수축으로 이루어진다.

등장성 수축 운동에 관한 선행연구를 살펴보면, 신장성 및 단축성 수축 방법에 따른 운동의 효과 차이를 다수 보고하고 있다. Seger et al. (1998)은 20주간의 신장성 수축 훈련이 단축성 수축 훈련보다 최대 토크(peak torque), 근육 단면적(cross sectional area)을 증가시켰다고 보고하였다. 또한, 신장성 수축 운동은 관절의 가동범위(range of motion, ROM)를 증가시키는 데 매우 효과적이며(Kay et al., 2022), 남자 고등학생뿐만 아니라 성인의 관절 유연성을 향상시켰다고 보고하였다(Nelson & Bandy, 2004; Diong et al., 2022). 이 외에도 장비의 사용 없이 8주간 신장성 및 단축성 수축 저항 훈련을 수행한 결과, 신장성 수축 운동이 노인의 하지 근력과 균형 능력을 개선하였고(Katsura et al., 2019), 자전거 에르고미터를 이용한 11주간의 하지 신장성 수축 운동은 노인의 근육 구조와 기능을 향상시켰으며 균형, 계단 하강 능력 및 낙상 위험을 개선하였다(LaStayo et al., 2003). 또 다른 연구에서는 다양한 단축성 및 신장성 수축 운동이 햄스트링과 대퇴사두근의 근력 비율(hamstring to quadriceps strength ratio, H:Q ratio)에 미치는 영향을 확인하기 위해 등속성 장비를 이용한 무릎 저항 훈련을 6주간 수행한 결과, 대퇴사두근과

햄스트링을 위한 신장성 수축 운동이 재활 및 부상 예방 목적에 효과적일 수 있는 H:Q 비율의 증가를 유도하는 가장 유익한 저항 훈련 프로그램인 것으로 보고하였다(Ruas et al., 2019). 이와는 반대로, Higbie et al. (1996)의 연구에 따르면, 10주간의 신장성 및 단축성 수축 훈련이 근력, 근육 단면적, 신경 활성화(neural activation)에 있어서 약간의 차이만 있었을 뿐 수축 방법에 따른 효과가 존재하지 않았다고 보고하였다. 또한, Bükér et al. (2021)은 신장성 및 단축성 수축 운동이 대퇴사두근 두께 및 하지 수행능력에 미치는 영향을 확인하기 위해 스쿼트 운동을 8주간 수행한 결과, 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 간 유의한 차이가 없는 것으로 보고하였다.

현재까지 보고된 선행연구를 종합해 보면, 동일한 조건에서 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 수행 시 그 효과에 관한 상반된 연구 결과를 보고하여 논쟁의 여지가 존재한다. 또한, 기존 선행연구를 통해 저항성 운동으로 속근섬유의 동원 능력이 향상되어 근비대의 발생 및 근력이 증가하는 기간인 8주 이상 중·장기간 수축 운동 방법에 따른 효과를 비교한 연구는 다수 보고되고 있으나, 단기간 수행하여 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동의 효과를 비교한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 4주간의 단기간 운동프로그램을 적용하여 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 조사하고, 그 실질적인 효과성 여부를 구체적으로 제시할 필요가 있다고 생각된다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하는 데 그 목적이 있다.

### 3. 연구의 가설

본 연구 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- 1) 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 신체 구성(체중, 골격근량, 체지방량, 체질량지수, 체지방률) 변화에 영향을 미칠 것이다.
- 2) 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 신체 둘레(가슴, 엉덩이, 대퇴 중양, 종아리) 변화에 영향을 미칠 것이다.
- 3) 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력(근력, 근지구력, 유연성, 순발력, 스피드, 민첩성) 변화에 영향을 미칠 것이다.
- 4) 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 등속성 근기능( $60^{\circ}/\text{sec}$ 와  $240^{\circ}/\text{sec}$ 에서 무릎의 근력과 근지구력,  $30^{\circ}/\text{sec}$ 에서 허리의 근력) 변화에 영향을 미칠 것이다.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 운동프로그램 참여 기간 중 대상자의 운동프로그램 외 일상생활 및 기타 활동을 동일하게 통제하지 못하였다.
- 2) 운동프로그램 참여 기간 중 대상자의 영양학적 요인을 동일하게 통제하지 못하였다.
- 3) 대상자의 유전적, 생리적, 심리적 요인을 통제하지 못하였다.



## 5. 용어 정의

본 연구에서 사용하는 용어를 다음과 같이 정의하였다.

### 1) 신장성 수축 운동(Eccentric contraction exercise)

근육이 만들어내는 힘이 저항하는 힘보다 적을 때, 근육의 길이가 길어지면서 힘이 발생하는 형태의 운동을 칭한다.

### 2) 단축성 수축 운동(Concentric contraction exercise)

근육이 만들어내는 힘이 저항하는 힘보다 클 때, 근육의 길이가 짧아지면서 힘이 발생하는 형태의 운동을 칭한다.

### 3) 건강 관련 체력(Health-related physical fitness)

본 연구에서는 근력, 근지구력, 유연성을 건강 관련 체력이라 칭한다.

#### (1) 근력(Muscular strength)

근육의 수축(muscular contraction)에 의해 발휘되는 근육의 힘으로, 큰 외력을 발휘하거나 무거운 무게를 들 수 있는 능력을 칭한다.

#### (2) 근지구력(Muscular endurance)

근수축의 지속시간으로, 근육이 정적 및 동적 상태에서 장시간 유지하거나 반복적으로 수축할 수 있는 능력을 칭한다.

### (3) 유연성(Flexibility)

일반적으로 관절의 가동범위(range of motion, ROM)로 정의되며, 정적 및 동적 상태에서 관절의 가동범위가 부드럽게 움직일 수 있는 능력을 칭한다.

## 4) 기술 관련 체력(Skill-related physical fitness)

본 연구에서는 순발력, 스피드, 민첩성을 기술 관련 체력이라 칭한다.

### (1) 순발력(Power)

시각, 청각 및 촉각 감각에 반응하여 한 번의 폭발적인 동작에서 근육을 발휘시켜 신체를 움직이는 능력을 칭한다.

### (2) 스피드(Speed)

짧은 시간 내에 정해진 거리에 최대한 빨리 도달하기 위한 능력을 칭한다.

### (3) 민첩성(Agility)

신체의 가속 및 감속을 신속하게 조절하여 운동의 방향을 재빨리 바꾸거나, 신체의 일부 또는 전신의 위치를 균형을 잃지 않고 정확하게 전환할 수 있는 능력을 칭한다.

## 5) 등속성 근기능(Isokinetic muscular function)

등속성 근기능 측정 장비를 이용하여 부하 방법이 속도에 의한 저항으로 일정한 각속도 내에서 최대로 발휘될 수 있는 근육의 기능을 칭한다.

## II. 이론적 배경

본 연구는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였다. 이와 관련된 구체적인 이론과 선행연구의 내용은 다음과 같다.

### 1. 근육의 특성

#### 1) 지근과 속근

골격근은 종류에 따라 수천 개에서 수십만 개의 근섬유로 구성되어 있으며, 각각의 근섬유는 형태학 및 생리학적으로 현저하게 다른 특징을 가지고 있다. 이는 수축 속도, 대사적 특성, 신경학적 특성 등 다양한 기준에 의하여 분류되기도 하지만, 주로 연축 반응 속도에 따라 지근섬유(slow twitch oxidative fiber, type I)와 속근섬유(fast twitch glycolytic fiber, type IIb), 지근과 속근의 중간 성질을 갖는 중간근섬유(fast twitch oxidative fiber, type IIa)로 나누어 볼 수 있다(Burke et al., 1971; Hoh, 1992; Zierath & Hawley, 2004).

지근섬유는 세포 내로 유입된 산소와 결합하여 산소를 임시 저장하는 마이오글로빈(myoglobin)의 함량과 산소를 이용하여 주 연료인 탄수화물이나 지방을 유산소적으로 분해하는 미토콘드리아(mitochondria)의 밀도가 높으며, 산소수송로의 역할을 수행하는 모세혈관이 발달 되어 있다(Needham, 1926; Jackman & Willis, 1996). 이로 인해 붉은색을 띄어 적근(red muscle)이라고도 하며, 산소에 주로 의존하기 때문에 산화적 섬유(oxidative fiber)라고 불리기도 한다. 일반적으로 지근섬유는 피로에 대한 내성이 강하며 유산소성 에너지 공급 능력이 높아 효율적이나, 근육의 수축 과정에 밀접한 작용을 하는 마이오신 아데노신 가수분해효소(adenosine

triphosphase, ATPase)의 활성도와 무산소성 대사 능력이 낮아 수축 속도가 느리다 (Schwerzmann et al., 1989).

속근섬유는 지근섬유와 달리 마이오글로빈을 거의 포함하고 있지 않고 미토콘드리아의 밀도가 적은 반면, 탄수화물의 저장형태인 글리코겐(glycogen)의 양이 많다. 또한, 모세혈관이 발달 되어 있지 않아 백근(white muscle)이라고도 하며, 탄수화물을 주로 에너지원으로 사용하기 때문에 해당성 섬유(glycolytic fibers)라고 불리기도 한다. 저장된 글리코겐은 짧은 시간 내에 소모되고 젖산의 생성 및 축적이 빠르므로 속근섬유는 쉽게 피로해지나, 근섬유의 직경이 크고 수축 필라멘트가 많아 탈진 상태(all out)로 인해 운동을 할 수 없는 상태 외에는 강한 수축력을 발휘한다 (Serrano et al., 2019). 뿐만 아니라 속근섬유는 근육세포질세망이 발달 되어 있는데, 이는 수축을 개시하게 하는 칼슘의 신속한 분비를 촉진 시키기 때문에 자극에 대한 반응이 빠르게 나타난다(Baylor & Hollingworth, 2012).

중간근섬유는 회색근(gray muscle)이라고도 하며 앞서 언급한 두 가지 섬유의 중간 성질로, 속근섬유 중에서도 지근섬유의 대사적 특성을 많이 가지고 있다 (Karp, 2001). 즉, 속근섬유와 같이 빠르게 수축하지만 산소에 대한 의존성과 마이오글로빈 함량 및 모세혈관 밀도가 높다는 점에서 지근섬유와 같다. 그러나 속근섬유와 중간근섬유는 유산소 산화 에너지 공급 능력에서 큰 차이가 있다. 중간근섬유는 주로 유산소성 대사에 의존하며 더 많은 모세혈관에 둘러싸여 있기 때문에 속근섬유에 비하여 피로에 저항적이다(Marieb & Hoehn, 2007). 이러한 차이로 인해 인체의 여러 근육은 부위에 따라 근섬유의 구성비가 다르다. 가자미근과 같이 자세 유지와 관련된 근육은 지근섬유로 구성되어 있는 반면, 대퇴사두근과 같이 보행을 위한 대근육은 지근섬유와 속근섬유가 섞여 있어 저강도 및 고강도 활동을 모두 수행할 수 있다(Rocchi et al., 2016).

## 2) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동

근수축(muscle contraction)이란 액틴(actin)과 마이오신 필라멘트(myosin filament)가 서로 맞물려 장력이 생길 때의 근육 상태로, 근육의 수축 방법에 따라 크게 등척성 수축, 등장성 수축, 등속성 수축 총 3가지 형태로 분류된다. 이 중

등장성 운동(isotonic exercise)은 장력의 발생과 함께 관절의 각도와 근육의 길이에 변화를 가져오는 수축 형태의 운동으로, 근수축 방법 중 동적 수축(dynamic contraction)에 해당한다(Rezaeimanesh & Farsani, 2011; Vargas-Molina et al., 2021). 이는 힘의 발휘 정도를 직접적으로 측정할 수 있으며, 근력 향상의 과정을 눈으로 확인할 수 있다는 특징이 있다. 예를 들어, 벤치프레스 동작에서 1RM(one repetition maximum)으로 100kg를 밀어 올릴 수 있는 상태에서 70kg의 무게를 사용한다면, 본인 근력의 70%만을 이용하여 운동하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 일정 기간이 지난 이후 1RM이 130kg로 증가했다면 자신의 근력이 얼마나 강화되었는지를 알 수 있다. 이와 같이 신체 능력의 향상을 즉시 알 수 있다는 것은 운동을 수행 함에 있어 긍정적인 영향을 미치며, 수행자를 고무시키는 심리적 자극제로써 작용한다. 더 나아가, 등장성 운동은 어느 동작을 수행할 관절의 운동 범위 중 근력이 가장 약한 각도에서 근력을 최대로 증대시키는 효과가 있지만, 이외의 각도에서도 어느 정도의 근력 증가는 가져올 수 있다(Spackman, 1971).

등장성 수축 운동(isotonic contraction exercise)은 근력을 발휘하거나 장력이 발생할 때 활동근의 길이 변화에 따라 신장성 수축(eccentric contraction)과 단축성 수축(concentric contraction)으로 구분되며, 신장성 수축 운동은 근절(sarcomere)이 저항할 수 있는 정도 이상의 강한 부하를 주어 근육의 길이가 길어지면서 장력이 발생하는 반면, 단축성 수축 운동은 근육의 길이가 짧아지면서 장력이 발생한다(Mike et al., 2017). 이러한 등장성 운동은 근육이 길어질 때와 짧아질 때 모두 동일한 부위의 근육을 자극한다. 한 예로, 덤벨(dumbbell)이나 바벨(barbell) 등을 중량으로 활용하여 스쿼트(squat) 동작을 수행할 경우, 대퇴사두근을 중점으로 내리기 위해 앉으면서 힘을 줄 때 신장성 수축이 발생하였다가, 중력의 영향에 대응해 들어올리기 위해 일어서면서 힘을 줄 때 단축성 수축이 발생한다. 또한, 근육의 길이가 변화할 때 하나의 수축만이 이루어지는 것이 아닌, 동시에 작용하여 안정성을 확보한다. 신장성 수축을 예로, 풀업(pull up) 동작의 하강국면에서 팔꿈치 굴근의 근섬유가 점차 적게 흥분됨에 따라 길이가 늘어나게 되면서 팔꿈치 관절의 각도가 커지게 되지만, 이 과정 중 일부 근섬유는 짧아지는 단축성 수축을 한다.

## 2. 체력

사전적 의미의 체력(physical fitness)은 육체적 활동을 할 수 있는 신체의 힘이며, 질병이나 추위 따위에 대한 몸의 저항능력이자 신체 내 시스템이 효율적으로 협력하여 인간의 생존과 생활에 있어 기초가 되는 신체적 능력으로 정의한다(Corbin & Lindsey, 1997). 건강의 기반이 되는 체력은 남녀노소를 불문하고 다양한 연령대의 건강 상태를 평가하는 척도로 사용되는데, 체력의 수준은 개인에 따라 큰 차이를 보인다. 대체로 10대 후반부터 20대 초반까지를 인간의 체력 수준이 가장 높은 시기로 보며, 이후에는 점차 그 수준이 낮아져 노년기에 급격히 감소하는 경향을 보인다. 또한, 1980년대에 들어서면서 운동량 부족 및 감소에 따른 건강상의 문제점들이 심각한 사회문제로 떠오르면서부터 체력에 대한 관심이 더욱 집중되었다(guyton et al., 1989). 이러한 체력은 크게 두 가지 요소로 나누어 볼 수 있다. 건강을 유지하기 위한 기본적인 능력과 신체 기능에 의한 운동 수행 능력을 모두 포함한 건강 체력과 인간이 어떤 것을 수행하는데 필요한 기초적이고 전문적인 작업 능력의 총합인 운동 체력으로 구분된다(Falls, 1980; Casperson et al., 1985; Corbin & Le Masurier, 2014).

### 1) 건강 관련 체력

건강 관련 체력(health-related physical fitness)이란 건강 체력이라고도 하며, 건강을 지속적으로 유지 및 증진하는 것뿐만 아니라 질병을 예방하기 위해 갖추어야 할 필수적인 체력을 의미한다(ACSM, 2013). 이는 신체적, 정서적 스트레스의 감소와 동시에 삶의 질을 개선 시키는 데 효과적이며, 생활습관병 및 심혈관계 질환과 관련된 위험인자에 긍정적인 영향을 미친다(Ensel & Lin, 2004; Lankhorst et al., 2021). 즉, 신체활동의 감소로 인한 체력의 저하는 곧 건강하고 행복한 생활을 영위하는데 필요한 잠재적 능력의 저하를 유발하기 때문에 건강의 큰 부분을 차지하는 만큼 건강 관련 체력의 중요성이 대두되고 있다(Mak et al., 2010). 건강 관련 체력은 신체구성(body composition), 근력(muscular strength), 근지구력(muscular

endurance), 심폐지구력(cardiorespiratory endurance), 유연성(flexibility) 총 5개의 요인을 포함한다.

#### (1) 신체구성(Body composition)

신체구성은 인체를 구성하는 다양한 유형의 분자나 원소, 또는 조직과 기관의 비율을 말한다(Wang et al., 1992; Heymsfield, 2005). 이를 구성하는 성분은 화학적 측면에서 탄수화물(carbohydrate), 단백질(protein), 지방(fat), 수분(water), 무기질(minerals) 등을 포함하며, 조직적 측면에서는 피부(skin), 뼈(bone), 근육(muscle), 내장(visceral) 등을 포함한다(Malina, 1994). 이는 대체적으로 유전이나 생활형태, 식이습관 등 선천적 및 후천적 요인의 영향을 받아 변화한다. 신체의 구성은 체질량지수(body mass index, BMI), 허리 및 엉덩이 둘레 비율(waist-hip ratio, WHR), 피부두겹법(skin fold test), 수중체중법(underwater weighing), 이중 에너지 엑스선 흡수 계측법(dual energy x-ray absorptiometry, DEXA) 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(WHO, 2000).

#### (2) 근력(Muscular strength)

근력은 근수축(muscular contraction)으로 인해 발생하는 물리적인 운동에너지로, 저항에 대하여 근육이 한 번에 최대로 생산할 수 있는 힘의 양을 말한다. 근력의 크기는 운동 단위(motor unit)의 수와 근섬유를 관장하는 신경을 흥분시키는 자극 빈도에 비례하며, 근육 단면적의  $1\text{cm}^3$  당 4~6kg의 힘을 발휘한다(Draper, 2014). 이 외에도 근육의 단면적, 근섬유의 종류, 관절의 각도, 근육의 길이 등 다양한 요인의 영향을 받아 근력이 결정된다(Kumar, 2004). 인간이 살아가면서 수행하는 모든 신체활동은 물론, 일상생활의 작업도 이와 같은 근력에 의해 이루어진다. 근력은 장비를 활용한 등속성 근기능 검사(isokinetic test) 또는 윙게이트 검사(wingate anaerobic test)를 통해 가장 정확한 측정치를 얻을 수 있다(Inbar et al., 1996; Suchomel et al., 2016). 이 외에도 악력, 배근력 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Imagama et al., 2011; Shin et al., 2017).

### (3) 근지구력(Muscular endurance)

근지구력은 신체의 특정 근육이 저항 및 압력을 이겨내어 오랫동안 지속된 운동 중 근피로가 발생하는 시점까지 반복적인 근수축을 수행하거나, 장시간 동일한 운동 강도를 유지할 수 있는 힘을 말한다. 근지구력은 근력과 마찬가지로 장비를 활용한 등속성 근기능 검사 또는 원게이트 검사를 통해 가장 정확한 측정치를 얻을 수 있다. 이 외에도 윗몸일으키기, 팔굽혀펴기, 앉았다 일어서기, 오래 매달리기, 턱걸이 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Hayes et al., 2004; Vaara et al., 2012; Sanchez-Moreno et al., 2020).

### (4) 심폐지구력(Cardiorespiratory endurance)

심폐지구력은 전신지구력이라고도 하며, 장시간 신체활동을 수행하는 동안 근 활동을 일으키게 하는 에너지의 생산계에 해당하는 것으로 순환 및 호흡 기능이 관여하여 일정 강도의 운동을 지속할 수 있는 힘을 말한다. 심폐지구력의 향상은 에너지 효율을 높여 삶의 질을 개선 시킬 수 있다(Vincent et al., 2002). 그러나 낮은 심폐지구력은 에너지를 적게 축적하고 이를 빠르게 소모하여 다방면으로 제한된 생활을 야기한다. 심폐지구력은 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake, VO<sub>2</sub>max)과 밀접한 관련이 있으며, 최대산소섭취량이란 인체가 운동을 수행하는 중 최대로 섭취하여 조직에 효과적으로 운반 및 공급할 수 있는 단위 시간당 산소의 양으로(Åstrand, 2003), 심폐지구력을 평가하는 가장 정확한 방법으로서 널리 사용되고 있다(Katch et al., 1978). 또한, 최대산소섭취량은 단위 시간 당 최대치라는 점에서 최대유산소성파워(maximal aerobic power)와 동일한 의미로 사용되기도 한다(Lortie et al., 1984). 심폐지구력은 호흡가스분석기와 트레드밀을 이용하여 가장 정확한 측정값을 얻을 수 있다(Ignjatovic et al., 2011). 이 외에도 하버드 스텝 검사(harvard step test), 12분 쿠퍼 달리기(Cooper's 12min test), 왕복 달리기 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Cooper, 1982; Mayorga-Vega et al., 2015; Rakasiwi et al., 2020).



## (5) 유연성(Flexibility)

유연성은 각 관절의 가동성과 함께 근육의 굴근 및 신근의 수축력과 신장력, 관절을 감싸고 있는 인대와 근막의 상태 등에 의해 결정되는 것으로, 하나 또는 여러 개가 결합된 관절의 최대 가동범위(range of motion, ROM)를 말한다. 근육이 과도하게 긴장될 경우 관절의 가동범위가 제한되어 여러 가지 형태의 운동 상해를 초래하는데, 근육의 손상 없이 보다 잘 이완될 수 있도록 하는 것이 바로 유연성의 기능이다(Eston et al., 2007). 이처럼 유연성은 근육의 상태뿐만 아니라 통증에 대한 저항력을 높여 운동 수행 능력을 향상시키고, 안전하고 효과적으로 운동을 수행하는 등 신체가 효율적으로 움직일 수 있게끔 한다. 운동 외에도 유연성은 일상생활에서의 자세, 직업, 성별, 연령 등에도 중요한 영향을 미친다. 유연성은 앉아 윗몸 앞으로 굽히기(좌전굴), 엎드려 윗몸 젖히기(체후굴), 몸통 유연성 검사 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Baltaci et al., 2003; Grabara, 2016).

## 2) 기술 관련 체력

기술 관련 체력(skill-related physical fitness)이란 운동 체력, 기능 체력 및 기술 체력이라고도 하며, 운동이나 스포츠 활동을 잘 수행하기 위해 요구되는 체력을 의미한다(Caspersen et al., 1985). 이는 운동의 지속 능력 및 약간의 운동 발현 능력과 관계가 있는 건강 관련 체력을 바탕으로 하여 이점을 제공하기도 하지만(ACSM, 2003), 특정 형태의 운동이나 스포츠 활동에 요구되는 기술을 습득 및 발휘하는데 더 적합한 특성을 제공하며, 활동력을 향상시키기 위해 절대적으로 필요하다(Luo et al., 2023). 기술 관련 체력은 순발력(power), 스피드(speed), 민첩성(agility), 평형성(balance), 협응성(coordination), 반응시간(reaction time) 총 6개의 요인을 포함한다.

### (1) 순발력(Power)

순발력은 최단 시간 내에 최대의 노력으로 최대한의 폭발적인 힘을 발휘하는

능력을 말한다. 이는 힘과 속도에 의해서 결정되는데 힘은 곧 근력을 뜻하는 것으로 정적인 상태에서 발휘되는 힘이며, 속도는 근육이 수축하는 속도를 의미한다 (Johnson & Nelson, 1969). 이처럼 순발력은 동적인 상태에서 폭발적인 힘을 순간적으로 발휘시키는 힘의 잠재된 능력으로 근 파워(muscle power)라고도 하며, 효과적인 운동 수행의 기본적인 요소가 될 뿐만 아니라 신체를 신속하고 정확하게 전환시킬 수 있는 민첩성의 기초가 된다(Thomas et al., 2009). 또한, 지속시간이 10~12초 정도 되는 무산소성대사인 인원질 과정(ATP-PCr system)과 높은 관련성이 있다(Almuzaini & Fleck, 2008). 근육이 빠르게 수축되어 근섬유의 순간적인 수축 능력이 강하게 나타날수록 운동 능력의 향상되며, 개인의 체중과 근육의 정도에 따라 순발력이 영향을 받는다. 하지만, 훈련을 통해 발달시킬 수 있는 능력의 정도가 다른 요인들에 비해 가장 느리다. 순발력은 제자리 멀리 뛰기, 제자리 높이 뛰기, 메디신 볼 던지기 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Van Dalen, 1940; Stockbrugger & Haennel, 2001; Krishnan et al., 2017).

## (2) 스피드(Speed)

스피드는 대근육의 수축과 이완을 단시간 내에 최대한 빠르게 반복하여 신체를 가능한 멀리 이동시키고, 동일한 패턴과 빠르기의 비율로 동작을 연속적으로 수행할 수 있는 능력을 말한다. 동작의 속도는 성별, 연령, 체형, 체중, 체력뿐만 아니라 기온, 관절의 유연성, 근육의 상태, 힘과 가속도 같은 역학적 특징 및 구조적 특성 등의 영향을 받는다. 특히, 근력과 속도는 높은 상관관계를 보인다(Peñailillo et al., 2016). 스피드는 단거리 달리기 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다 (Young et al., 2008).

## (3) 민첩성(Agility)

민첩성은 몸의 위치 또는 운동의 방향을 재빠른 동작으로 정확하게 전환하여 자신이 원하는 방향으로 움직일 수 있는 능력을 말한다. 다시 말해, 자극에 대하여 재빨리 반응하고, 신체활동을 수행하는 데 있어서 전신적 혹은 부분적인 동작을

신속하게 변경하거나 공간의 위치를 바꾸고, 민첩한 방향과 동작이 있는 운동을 계속해서 반복할 수 있는 것이 민첩성이다(Johnson & Nelson, 1969). 이는 신체의 위치나 동작을 재빠르게 바꾸는 과정에서 빠른 중심 이동과 평형 감각이 중요하게 여겨진다는 점에서, 민첩성은 평형성과도 관련이 깊다고 볼 수 있다(Acar & Eler, 2019). 민첩성이 높으면 신체를 효율적으로 통제할 수 있기 때문에 부상으로 부터 안전할 수 있으며, 신체 내 에너지 효율을 높일 수 있다(Davis et al., 2004). 민첩성은 일리노이 민첩성 검사(Illinois agility test), 사이드스텝 검사, 부메랑 달리기, 지그재그 달리기 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Sporis et al., 2010; Kutlu et al., 2012; Raya et al., 2013).

#### (4) 평형성(Balance)

평형성은 균형성이라고도 하며, 신체가 움직이거나 정지한 상태에서 기저면에 대해 신체의 무게중심을 제어하여 안정성을 유지하는 능력을 말한다. 이는 근육과 관절 감각의 지각, 시간 등 여러 요소에 의해서 생기며, 신경 근육의 기술로서 운동감각발달과 상응한다. 평형성을 유지하기 위해서는 가해지는 힘의 방향과 같은 방향으로 신체의 균형을 유지하여야 하는데, 이것은 체성 감각계, 전정계, 시각계를 바탕으로 환경과 중력에 대해서 일정한 신체 방향이나 움직임을 제대로 조직화 하고 반응함으로써(Silsupadol et al., 2006), 자세균형과 같은 맥락으로 어떠한 공간 내에서 안정성(stability)과 정향성(orientation)을 유지하기 위해 신체 위치 능력을 제어하는 것을 뜻한다(Pollock et al., 2000). 이처럼 평형성은 일상생활에서 신체가 사고 및 위험을 피하고 안전을 유지하는 데 중요한 역할을 하며, 균형 감각이 발달 할수록 올바른 자세와 안정된 동작으로 운동을 수행할 수 있다. 평형성은 눈 감고 외발서기, Y-밸런스 검사(Y-balance test) 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Riemann & Schmitz, 2012; Shaffer et al., 2013).

#### (5) 협응성(Coordination)

협응성은 감각기관과 신체활동을 통합하여 운동을 효율적으로 수행할 수 있도록

하는 능력을 말한다. 이처럼 시각, 청각 등과 같은 감각을 바탕으로 신체 각 부위가 서로 협력하여 움직임이나 동작을 매끄럽고 정확하게 연결할 수 있도록 해주는 협응성은 재빠른 동작과 방향전환으로 운동을 수행할 수 있는 민첩성과 신체를 균형 있게 유지할 수 있는 평형성, 운동을 정교하고 치밀하게 수행할 수 있는 교차성과 관련이 있다(Szabo et al., 2020). 협응성은 눈-손 협응력 검사(eye-hands coordination test), 공 던지기 검사(ball throw test), 공 차기 검사(ball kick test) 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Gardner, 1979; Matos et al., 2022; Setiawan et al., 2023).

#### (6) 반응시간(Reaction time)

반응시간은 갑자기 예견할 수 없는 신호가 들어오는 시점부터 그에 대한 반응의 시작과 자극 사이에 경과 된 시간을 말한다. 자극 이후에 동작을 수행하기까지의 반응시간은 감각수용기 지연(sensory receptor delay), 피질로의 신경전달(neural transmission to the cortex), 중앙처리 지연(central processing delay), 근육으로의 신경전달(nerve transmission to muscles), 근육의 잠재 및 활성화 시간(muscle latency and activation times) 순으로 진행된다(Teichner, 1954). 이를 바탕으로 빠른 시간 내에 신체는 주어진 자극을 분석하여 요구하는 반응에 대해 선택 및 결정하고, 목적을 달성할 수 있도록 반응을 계획 및 조직하려고 한다. 반응시간은 선택 반응 검사(choice reaction test), 전신 반응 검사(whole body reaction test), 탭핑 검사(tabbing test), 스텝핑 검사(steping test) 등과 같은 방법을 통해 측정이 가능하다(Greenwald, 1970; Taware et al., 2012).

### 3. 등속성 근기능

등속성(isokinetic)이란 동등한 속도를 의미하는 단어로, 등속성 수축(isokinetic contraction)은 일정한 각속도에 맞추어 수행되는 근력의 움직임을 의미한다. 이는 Hislop & Perrine (1967)과 Thistle et al. (1967)에 의해 그 개념이 처음 소개되

있으며, 이후에는 측정 기술과 운동 기구의 발전에 따라 국내 및 해외의 임상 분야 뿐만 아니라 스포츠 의학, 스포츠 트레이닝 등의 분야에서 폭넓게 이용되었다 (Burnie & Brodie, 1986; Baechle & Earle, 2008). 등척성 수축과 등장성 수축은 근섬유의 길이 및 운동 강도에 중점을 두고 있으며, 관절의 전 가동범위에 있어서 가해지는 부하가 다르다는 것과 운동의 속도를 고려하기 어렵다는 점에서 차이가 있다. 등속성 수축은 특정한 부하가 가해지는 것이 아니라 움직임의 속도로 제어되며, 이 저항은 수행자가 발휘하는 힘에 대응하여 주어지기 때문에 가속화되거나 과부하가 발생하지 않는다. 또한, 운동 수행 시 관절 전체에 부하가 주어져 관절 가동의 전 범위에서 최대의 힘을 지속적으로 발휘할 수 있으며, 이에 비하여 근육이나 관절의 손상은 매우 미미하므로 부상에 대한 염려 없이 최선을 다하여 운동 수행이 가능하다(Fleck & Kraemer, 2014). 이처럼 등속성 수축은 다른 형태의 저항성 운동의 단점을 보완하고 장점만 이용하려는 시도로서, Vitti (1984)를 비롯한 많은 학자들을 통해 효과를 검증하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Johnson & Siegel, 1978; Buldett & Swearingen, 1987). 이는 각각의 운동 종목에 적합한 트레이닝을 하기 위한 기초자료로써, 운동선수들의 근력을 수치로 나타내어 동기 유발에 효과적인 것은 물론 정밀한 근기능 측정과 평가 및 분석에 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 비교적 시간적 소요가 적으며 여러 속도에서 근섬유에 다양한 자극을 부여하여 근력 및 근지구력 등을 개선 시키는 것은 물론, 근육의 상해나 통증 발생 위험이 적어 재활 훈련으로 가장 적합하다(Dauty et al., 2014; Coudeyre et al., 2016). 이 외에도 동일한 장비를 사용하여 다리의 대근육뿐만 아니라 손가락과 같은 소근육까지 적용할 수 있다는 장점이 있다(Kawamura et al., 2022).

등속성 근기능(isokinetic muscular function)은 바이오텍스(Biodex), 사이벡스(Cybex), 노틸러스(Nautilus) 등과 같이 특별히 고안된 장비를 사용하여 규정된 속도에 따라 강한 부하가 일정하게 주어져 관절각이 동일한 속도로 변화하면서 근수축이 일어난다(Aboodarda et al., 2011; Alvares et al., 2015). 이때의 파라미터를 측정하여 근육이 가진 기능의 수준을 결과로 제공받을 수 있으며, 짧은 시간 내에 정확한 결과를 도출하여 등속성 근력 발현을 평가할 수 있는 자료를 제시해 줄 수 있다는 것이 특징이다(Beam et al., 1985; Perrin, 1994). 이때, 규정된 운동속도보다 빠르게 부위를 움직이는 힘 즉, 가속도를 발생시키는 힘은 근 출력(muscle

output)으로 나타나며, 등속성 근 수축에 따른 출력값의 해석에는 힘과 속도의 관계가 존재한다(EI & Bethoux, 2013). 등속성 근기능을 분석하는 변인은 최대 토크(peak torque), 평균 파워(average power), 총 일량(total work), 최대토크 발현 각도(joint angle at peak torque), 순간가속에너지(torque acceleration energy), 운동 상해 가능성의 지표인 주동근(agonist)과 길항근(antagonist)의 근력 비율, 좌·우의 균형 비율 등이 있다(Maciel et al., 2023). 이중 동작을 수행하는 범위 내에서 관절의 사용을 나타낼 수 있는 최대의 수축력인 최대 토크는 가장 빈번하게 사용되는 측정결과 중 하나로, 등속성 근기능을 분석하는 변인 중에서 가장 높고 정확한 재현성을 가지고 있어 참고자료로의 활용에 용이하다(Kannus & Beynnon, 1993).

### III. 연구방법

#### 1. 연구설계

본 연구의 실험설계는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 효과를 확인하는 것이다. 본 연구의 전체적인 실험설계는 <Figure 1>과 같다.

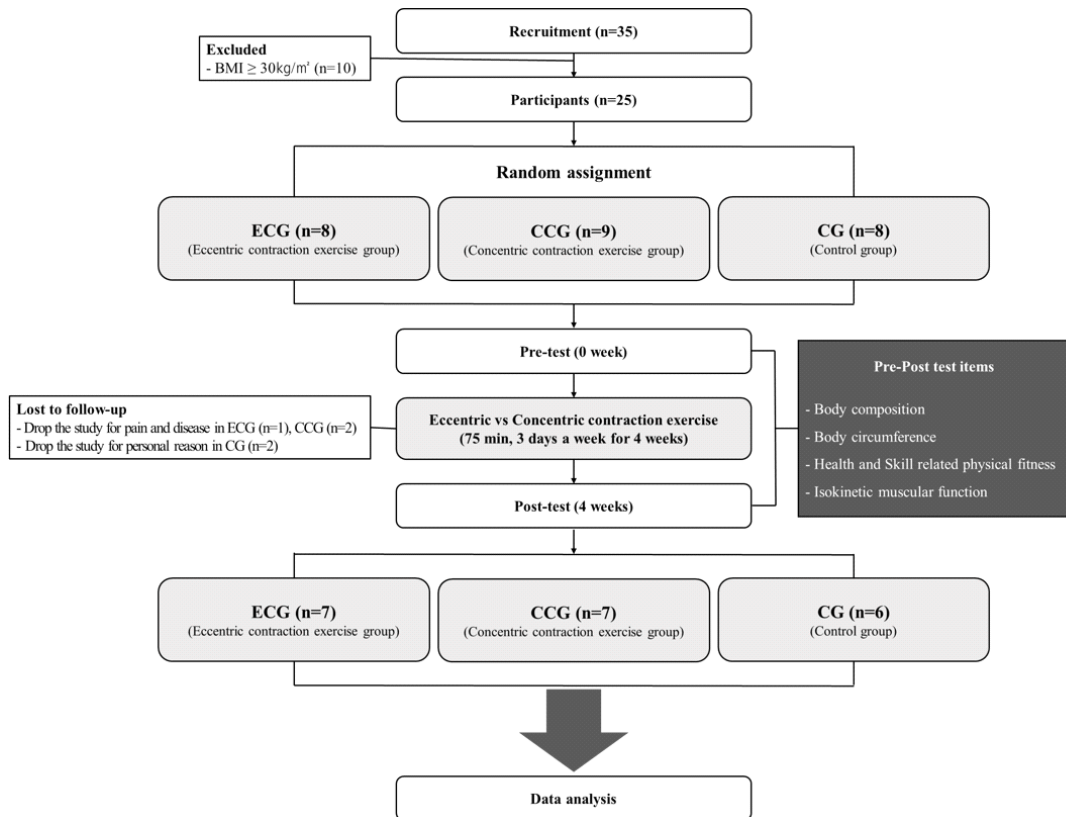


Figure 1. The experimental study design

## 2. 연구대상

본 연구의 대상자는 J시 소재 J대학교 재학생 중 3개월 이상 저항성 운동 참여 경험이 있으며, 최근 1년 이상 심혈관계 및 근골격계 질환이 없는 건강한 남자 대학생 35명을 공개 모집하였다. 이 중 체질량지수가  $30\text{kg}/\text{m}^2$  이상인 비만 성인 남성 10명을 제외 후 연구기준에 부합한 25명을 대상으로 하였다. 본 연구는 제주대학교 생명윤리심의위원회의 승인(JJNU-IRB-2023-037)을 받은 후 진행하였으며, 실험에 앞서 선정된 모든 대상자에게 연구의 목적, 내용 및 절차에 대해 이해할 수 있도록 충분히 설명 후 자발적으로 참여 의사를 밝힌 자에 한하여 참여 동의서를 작성하도록 하였다. 본 연구의 집단은 무선할당(random assignment) 방식에 따라 집단별로 각각 8명, 9명, 8명으로 구분하였으나, 4주간 운동 중 통증 및 질환 3명, 개인 사정 2명이 참여를 중단하여 최종 5명을 본 연구에서 제외하였다. 최종적으로 신장성 수축 운동 집단(eccentric contraction exercise group, ECG) 7명, 단축성 수축 운동 집단(concentric contraction exercise group, CCG) 7명, 통제 집단(control group, CON) 6명 총 3개의 집단을 분석에 사용하였고, 본 연구의 대상자 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants

Variables	Group (n=7)	ECG (n=7)	CCG (n=7)	CG (n=6)	<i>F</i>	<i>p</i>
Age (yr)	22.43±1.51	22.00±2.08	23.17±2.86	.470	.633	
Height (cm)	172.50±4.45	173.19±4.99	174.95±5.17	.429	.658	
Weight (kg)	71.93±6.29	70.30±7.21	77.22±5.54	2.003	.166	

*Mean±Standard Deviation*

*ECG, eccentric contraction exercise group; CCG, concentric contraction exercise group;*

*CG, control group*



### 3. 운동프로그램

#### 1) 신장성 및 단축성 수축 운동프로그램

본 연구의 운동프로그램은 일일 75분, 주 3회, 4주간 실시하였으며, 신장성 및 단축성 수축 방법에 따라 상체 종목 3가지, 하체 종목 2가지, 코어 종목 1가지를 웨이트 트레이닝 장비를 이용한 기구 운동(machine exercise)으로 구성하였다. 운동 강도는 점증 부하의 원리에 따라 근력 향상 유도를 위해 1주차는 1RM의 60~70%, 2~3주차는 1RM의 80%, 4주차는 1RM의 90%로 설정하였으며, 안전을 위해 1RM은 간접 측정하였다. 신장성 및 단축성 수축 시간은 Marušič et al. (2020)의 연구를 바탕으로 각각의 수축 방법에 초점을 두어 5:1 시간 비율로 수행하였다. 수축 시간은 메트로놈(SMT-1000, SAMICK, Chungcheongbuk-do, Korea)의 박자를 활용하여 수축 비율을 기준으로 105BPM (beat per minute)에 맞추어 통제하였다. 세트 내 휴식시간은 1분 30초, 세트 간 휴식시간은 2분으로 설정하여 진행하였다. 운동프로그램을 구성하는 각각의 세부 종목은 1주차에 1세트 당 12회 3세트, 2주차에 1세트 당 8회 3세트, 3주차에 1세트 당 8회 4세트, 4주차에 1세트 당 5회 5세트로 설정하였다. 모든 대상자들은 운동프로그램 참여 전 실시 방법 및 정확한 자세에 대한 숙지와 적응을 위해 전문가의 지도하에 적응 훈련을 1주간 수행하였다. 또한, 운동프로그램을 수행하기에 앞서 대상자들의 근피로 및 부상 예방을 위해 운동자각도(rating of perceived exertion, RPE)와 최대 심박수(maximal heart rate, HRmax)에 맞추어 운동 전 스트레칭과 트레드밀 위에서 걷기 및 달리기를 통한 준비운동을 실시하였으며, 운동 후 스트레칭과 폼롤러를 이용한 근막이완법으로 정리운동을 실시하였다. 본 연구의 운동프로그램은 <Table 2>과 같다.

Table 2. Eccentric and concentric contraction exercise program

Session	Exercise	Frequency	Intensity	Time	Volume (rep, set)
Warm-up	Dynamic stretching		RPE 10~12	5 min	
	Running		40~70% HRmax	5 min	
Main-exercise	Bench press Shoulder press Lat pull down		1-week 60~70% 1RM		12 reps, 3 sets
	Sit up or Back extension (take turns every other day)	3 days a week for 4-weeks	2-week 80% 1RM	Exercise 50 min Ecc:Con=5:1 Ecc:Con=1:5	8 reps, 3 sets
			3-week	Rest 90~120 sec	8 reps, 4 sets
	Squat Leg press		4-week 90% 1RM		5 reps, 5 sets
Cool-down	Static stretching		RPE 9~10	5 min	
	Foam rolling			10 min	

RPE, rating of perceived exertion; HRmax, maximum heart rate; RM, repetition maximum; Min, minute; Sec, second; Reps, repetitions; ECC, eccentric contraction; CON, concentric contraction

## 2) 운동 강도 설정

본 연구의 운동 강도 설정은 비교적 운동 경험이 적은 대상자의 부상 위험을 감소시키기 위해 O'Connor et al. (1989)의 연구를 바탕으로 1RM (one repetition maximum)을 간접적으로 측정하였다. 측정 종목은 벤치프레스(bench press), 숄더프레스(shoulder press), 랫풀다운(lat pull down), 스쿼트(squat), 레그 프레스(leg press)로 측정 과정에서 안전수칙을 숙지하고 있는 전문가가 지도 및 보조하였다. 먼저 대상자는 10~12회 반복할 수 있는 중량으로 준비운동을 실시하였다. 1분간 휴식을 취한 후 상체 종목은 5~10kg, 하체 종목은 15~20kg을 증량시켜 최대 10회까지 동작을 수행하였으며, 2분간 휴식을 취한 후 앞서 실시한 방법에 따라 무게를 증가 및 동작을 수행하고 추가로 2분간 휴식을 취하였다. 이후 동일한 방법으로 대상자는 올바른 자세와 기술을 사용하여 7~8회 수행할 수 있는 무게까지 증량시켜 동작을 수행하였으며, 최종적으로 측정한 중량과 반복 횟수를 공식(1)에 대입하여 1RM을 산출하였다. 본 연구의 1RM 간접 측정(one repetition maximum indirect measurement) 공식(1)은 다음과 같다.

$$1RM = WO + WI$$

$$- WO = 7\sim 8\text{회 반복 가능한 중량(weight, W)} \quad \text{공식-(1)}$$

$$- WI = WO \times 0.025 \times R \text{ (repetition, R)}$$

#### 4. 측정 항목 및 방법

본 연구의 측정 항목은 신체구성, 신체둘레, 건강 및 기술 관련 체력, 등속성 근기능이다. 실험 전 모든 대상자에게 주의사항을 충분히 설명하고, 측정 전 스트레칭과 트레드밀 위에서 걷기 및 달리기를 10분간 실시하여 부상을 예방할 수 있도록 하였다. 각각의 측정 항목은 운동프로그램 참여 전, 후로 총 2회 측정하였다.

##### 1) 신체구성(Body composition)

대상자들은 측정에 따른 오차를 최소화하고 결과의 신뢰도를 높이기 위해 측정 전 12시간의 공복을 유지한 상태로 실험실에 방문하였다. 또한, 동일한 환경 조건에서 측정할 수 있도록 오전 9시까지 실험실에 방문하여 금속류를 제외한 가벼운 의복 차림과 신발을 착용하지 않은 상태에서 신체구성을 측정하였다. 자동 신장·체중계(GL-310B, G-Tech International, Gyeonggi-do, Korea)를 사용하여 머리부터 발바닥까지의 최대 수직 거리인 신장(height)을 측정하였다. 생체 전기 저항 분석법을 적용한 체성분 분석기(Inbody 270, InBody, Seoul, Korea)를 사용하여 체중(body weight), 골격근량(skeletal muscle mass, SMM), 체지방량(body fat mass, BFM), 체질량지수(body mass index, BMI), 체지방률(percent body fat, PBF)을 측정하였다.



Figure 2. Body composition test

## 2) 신체둘레(Body circumference)

인체측정용 줄자(Mezura, Hoehstmass, Saarland, Germany)를 사용하여 가슴, 엉덩이, 대퇴 중앙, 종아리 둘레를 측정하였다. 각 부위의 측정은 피부가 본래의 상태로 되돌아올 수 있도록 측정 간 시간 간격을 두고, 반복 측정값이 5mm 이내가 될 수 있도록 하였다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 둘레의 최댓값을 0.1cm 단위로 기록하였다. ACSM (2017)의 신체 둘레 측정 방법을 기준으로, 각 부위의 측정 방법은 다음과 같다.

### (1) 가슴(Chest)

앞쪽 위치는 유두 바로 위를 지나고, 뒤쪽은 견갑골 바로 아래를 지나는 경계에 줄자를 대어 가슴의 최대 둘레를 수평으로 측정하였다.

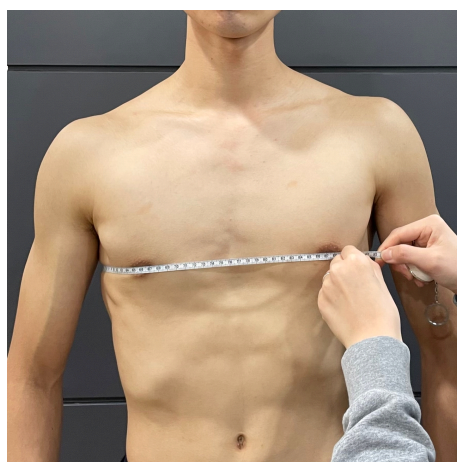


Figure 3. Chest circumference test

### (2) 엉덩이(Hip)

양손을 허리 부위에 대고 양발을 모아 바로 선 자세로 측면에서 바라보았을 때 양쪽 엉덩이 돌출점(엉덩이에서 가장 많이 튀어나온 부분)에 줄자를 대어 엉덩이의 최대 둘레를 수평으로 측정하였다.



Figure 4. Hip circumference test

### (3) 대퇴 중양(Mid thigh)

바로 선 자세에서 긴 축으로 살굴 부위(inguinal region)의 주름과 슬개골 사이 중양 부위에 줄자를 대어 대퇴 중양의 최대 둘레를 수평으로 측정하였다.



Figure 5. Mid thigh circumference test

### (4) 종아리(Calf)

양다리를 약 10cm 간격으로 균등하게 벌리고 바로 선 자세에서 긴 축으로 슬개골과

발목 사이 중앙 부위에 줄자를 대어 종아리의 최대 둘레를 수평으로 측정하였다.

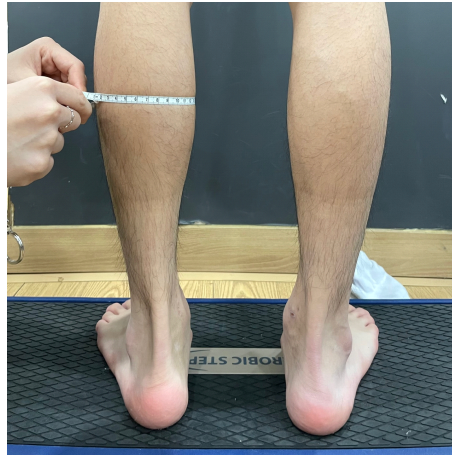


Figure 6. Calf circumference test

### 3) 건강 및 기술 관련 체력(Health- and skill-related physical fitness)

건강 관련 체력은 근력(악력, 배근력), 근지구력(윗몸일으키기), 유연성(앉아 윗몸 앞으로 굽히기)을 측정하였으며, 기술 관련 체력은 순발력(윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기, 제자리 높이 뛰기, 제자리 멀리 뛰기), 스피드(10/20/30m 달리기), 민첩성(일리노이 민첩성 검사)을 측정하였다. 본 연구의 건강 및 기술 관련 체력 측정 항목과 도구의 세부적인 내용은 <Table 3>과 같다.

Table 3. Health- and skill-related physical fitness

Factors	Items	Measuring instrument	Apparatus
Muscular strength	Hand grip strength (kg)	Digital dynamometer	T.K.K.-5101, TAKEI, Japan
	Back muscular strength (kg)	Digital back dynamometer	T.K.K.-5402, TAKEI, Japan
Muscular endurance	Sit-up (reps/60sec)	Sit-up board	T.K.K.-5505, TAKEI, Japan
		Stop watch	OST-30W, CASIO, Japan
Flexibility	Sit and reach (cm)	Long seat board	T.K.K.-5111, TAKEI, Japan
Power	Front abdominal power test (m)	Medicine ball	RSB-16052, Reebok, UK

		Tape measure	KMC-1800, KOMELON, Korea
	Sargent jump (cm)	Time notice electric board	DW 771A, DAEWOO SPORTS INDUSTRY, Korea
	Standing long jump (m)	Distance notice electric board	DW-770E, DAEWOO SPORTS INDUSTRY, Korea
Speed	Ten/twenty/thirty-meter sprint (sec)	Stop watch	OST-30W, CASIO, Japan
		Traffic cone	SA302, Starsports, Korea
Agility	Illinois agility test (sec)	Stop watch	OST-30W, CASIO, Japan
		Traffic cone	SA302, Starsports, Korea

*Reps, repetitions*

### (1) 악력(Hand grip strength)

디지털 악력계(T.K.K.-5101, TAKEI, Tokyo, Japan)를 사용하여 악력을 측정하였다. 양다리를 어깨너비로 벌리고 팔과 손을 몸에서 약간 떼어 자연스럽게 늘어뜨릴 수 있도록 하였다. 악력계의 계측기 관이 바깥을 향하도록 하였으며, 쥐는 폭은 엄지와 검지 손가락의 둘째 마디에 닿으며 직각이 되도록 조절하여 최대한 힘껏 쥐도록 지시하였다. 좌·우 각각 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 무게의 최댓값을 0.1kg 단위로 기록하였다.



Figure 7. Hand grip strength test



## (2) 배근력(Back muscular strength)

디지털 배근력계(T.K.K.-5402, TAKEI, Tokyo, Japan)를 사용하여 배근력을 측정하였다. 발판 위에 뒤통치를 붙이고 양쪽 발 끝을 약 15cm 간격으로 벌려 선 후, 고관절을 중심으로 상체를 30°의 각도로 굽힌 뒤 무릎과 팔을 곧게 펴 손바닥이 몸 쪽을 향하도록 하여 손잡이를 잡을 수 있도록 하였다. 최대한 힘껏 당기도록 지시하였으며, 무릎을 구부리거나 몸이 뒤쪽으로 기울지 않도록 주의를 주었다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 무게의 최댓값을 0.1kg 단위로 기록하였다.

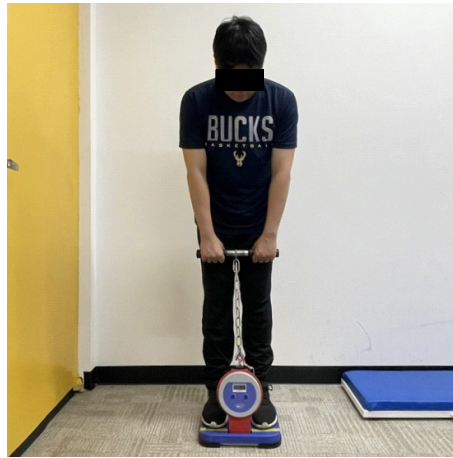


Figure 8. Back muscular strength test

## (3) 윗몸일으키기(Sit-up)

윗몸일으키기 측정기(T.K.K.-5505, TAKEI, Tokyo, Japan)와 초시계(OST-30W, CASIO, Tokyo, Japan)를 사용하여 윗몸일으키기를 측정하였다. 양손은 머리 뒤에 깍지를 낀 상태에서 무릎을 약 90°의 각도로 굽혀 세우고 측정기 위에 등을 대고 누울 수 있도록 하였다. 시작 신호와 동시에 상체를 앞으로 일으켜 양쪽 팔꿈치가 양쪽 무릎에 닿게 한 후, 양쪽 어깨가 매트에 닿을 수 있도록 다시 눕는 동작을 반복하도록 지시하였다. 손이 머리에서 떨어지지 않도록 하였으며, 몸을 비틀거나 반동을 이용하여 올라오지 않도록 주의를 주었다. 총 1회 측정을 실시하였으며, 1분간 측정된 최대 횟수를 기록하였다.



Figure 9. Sit-up test

(4) 앉아 윗몸 앞으로 굽히기(Sit and reach)

디지털 좌전굴 측정기(T.K.K.-5111, TAKEI, Tokyo, Japan)를 사용하여 앉아 윗몸 앞으로 굽히기를 측정하였다. 양발 사이의 간격이 약 5cm가 넘지 않은 상태에서 측정기 위에 앉도록 하였다. 양손을 평행하게 모아 전자 계측기 판에 그 끝을 대고 허리를 숙이며 전자 계측기를 최대한 밀어 3초간 자세를 유지하도록 지시하였다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 거리의 최댓값을 0.1cm 단위로 기록하였다.



Figure 10. Sit and reach test

(5) 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기(Front abdominal power test)

메디신 볼(RSB-16052, Reebok, Greater Manchester, UK)과 줄자(KMC-1800, KOMELON, Busan, Korea)를 사용하여 Cowley & Swensen (2008)의 연구를 바탕으로 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기를 측정하였다. 양팔을 머리 위로 곧게 편 상태에서 무릎을 약 90°의 각도로 굽혀 세우고 매트 위에 등을 대고 누울 수 있도록 하였으며, 양쪽 발 끝이 매트의 끝부분에서 벗어나지 않게 양발을 지면에 고정하였다. 손바닥이 천장을 향하도록 하여 양손의 엄지와 검지 손가락을 맞댄 후, 2kg 메디신 볼의 하단을 감싸 받치도록 하였다. 시작 신호에 따라 복근 및 고관절 굴근을 수축하여 상체를 앞으로 일으켜 세우는 것과 동시에 팔을 지렛대로 사용하여 무릎을 지나는 지점에서 메디신 볼을 던지도록 지시하였으며, 던진 후 표시선(매트의 끝)부터 직각으로 가장 가까운 착지점까지의 거리를 측정하였다. 양발과 엉덩이가 지면에서 떨어지지 않도록 하였으며, 몸을 비틀거나 반동을 이용하여 올라오지 않도록 주의를 주었다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 거리의 최댓값을 0.1cm 단위로 기록하였다. 1회 측정 후 약 2분간 휴식을 취하도록 하여 피로도를 최소화하였다.



Figure 11. Front abdominal power test

(6) 제자리 높이 뛰기(Sargent jump)

제자리 높이 뛰기 측정 시스템(DW-771A, DAEWOO SPORTS INDUSTRY, Seoul, Korea)을 사용하여 제자리 높이 뛰기를 측정하였다. 양손을 허리에 얹은

상태에서 시선은 정면을 향하도록 한 후 점프대 위에 올라설 수 있도록 하였다. 발 구름 없이 무릎을 빠르게 굽혀 하향 이동했다가 곧바로 상향 이동하면서 최대한 높게 뛰어오르도록 지시하였다. 뛰어오르기 전 양발이 지면에서 떨어지지 않도록 하였으며, 점프대 위로 착지할 수 있도록 주의를 주었다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 높이의 최댓값을 0.1cm 단위로 기록하였다. 1회 측정 후 약 2분간 휴식을 취하도록 하여 피로도를 최소화하였다.



Figure 12. Sargent jump test

#### (7) 제자리 멀리 뛰기(Standing long jump)

제자리 멀리 뛰기 측정 시스템(DW-770E, DAEWOO SPORTS INDUSTRY, Seoul, Korea)을 사용하여 제자리 멀리 뛰기를 측정하였다. 양쪽 발 끝이 표시선에서 벗어나지 않게 양다리를 어깨너비로 벌린 상태에서 시선은 정면을 향하도록 한 후 점프대 위에 올라설 수 있도록 하였다. 도움닫기 없이 팔과 다리로 반동을 주어 최대한 멀리 뛰도록 지시하였으며, 착지 후 표시선 부터 직각으로 가장 가까운 착지점(뒤꿈치 선)까지의 거리를 측정하였다. 뛰어오르기 전 양발이 지면에서 떨어지지 않도록 하였으며, 점프대 위로 착지할 수 있도록 주의를 주었다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정된 최대 거리의 최댓값을 0.1cm 단위로 기록하였다. 1회 측정 후 약 2분간 휴식을 취하도록 하여 피로도를 최소화하였다.



Figure 13. Standing long jump test

(8) 10/20/30m 달리기(Ten/twenty/thirty-meter sprint)

초시계(OST-30W, CASIO, Tokyo, Japan)와 고무 콘(SA302, Starsports, Gyeonggi-do, Korea)을 사용하여 10/20/30m 달리를 측정하였다. 측정은 실외 운동장 트랙에서 실시하였으며, 출발선과 도착선 사이의 거리를 10/20/30m로 설정한 후 4개의 고무 콘을 배치하였다. 대상자는 출발선에 선 상태로 준비를 하도록 하고, 측정자의 출발 신호와 동시에 출발하여 동체가 도착선을 통과할 때까지의 시간을 기록하였다. 기록의 정확성을 높이기 위해 두 명의 계시원이 측정한 평균 기록을 본 연구의 표준 기록으로 선정하였다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정한 시간의 최솟값을 0.1초 단위로 기록하였다. 1회 측정 후 약 5분간 휴식을 취하도록 하여 피로도를 최소화하였다.

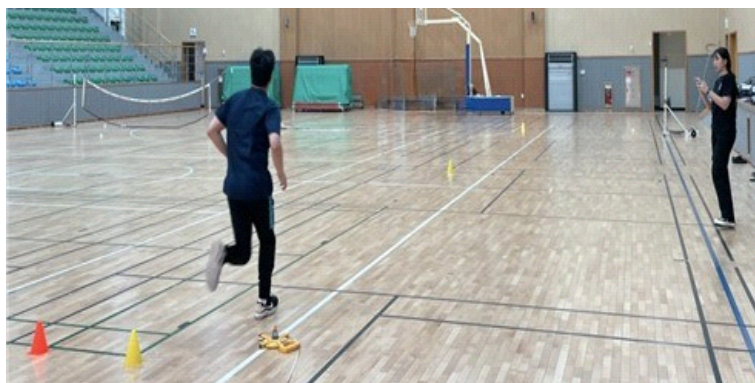


Figure 14. Ten/twenty/thirty-meter sprint test

(9) 일리노이 민첩성 검사(Illinois agility test)

초시계(OST-30W, CASIO, Tokyo, Japan)와 고무 콘(SA302, Starsports, Gyeonggi-do, Korea)을 사용하여 일리노이 민첩성 검사를 측정하였다. 길이 10m, 폭 5m로 설정한 후 4개의 고무 콘으로 시작점과 종료점, 2개의 전환점을 표시하였으며, 또 다른 4개의 고무 콘은 폭의 2.5m 지점에 배치하였다. 중앙에 있는 고무 콘은 3.3m 간격으로 일정하게 두었다. 대상자는 출발선에 선 상태로 준비를 하도록 하고, 측정자의 출발 신호와 동시에 출발하여 동체가 도착선을 통과할 때까지의 시간을 기록하였다. 기록의 정확성을 높이기 위해 두 명의 계시원이 측정한 평균 기록을 본 연구의 표준 기록으로 선정하였다. 총 2회 측정을 실시하였으며, 측정한 시간의 최솟값을 0.1초 단위로 기록하였다. 1회 측정 후 약 5분간 휴식을 취하도록 하여 피로도를 최소화하였다.



Figure 15. Illinois agility test

4) 등속성 근기능(Isokinetic muscular function)

등속성 근기능은 무릎의 근력과 근지구력, 허리의 근력을 측정하였다. 본 연구의 등속성 근기능 측정 항목과 도구의 세부적인 내용은 <Table 4>과 같다.

Table 4. Isokinetic muscular function

Factors	Items	Measuring instrument	Apparatus
Muscular strength	Knee isokinetic muscular strength (60°/sec)	Isokinetic equipment	Humac Norm 776, CSMI, USA
	Trunk isokinetic muscular strength (30°/sec)		
Muscular endurance	Knee isokinetic muscular endurance (240°/sec)		

(1) 무릎 등속성 근기능(Knee isokinetic muscular function)

등속성 장비(Humac Norm 776, CSMI, Boston, USA)를 사용하여 무릎의 신근(extensor)과 굴근(flexor)의 등속성 근기능을 측정하였다. 다른 근육군의 개입을 최소화하고 측정 부위에서 정확한 값을 얻기 위해 다른 부위의 외력이 발생하지 않도록 엉덩이가 등받이에 닿게끔 앉은 자세에서 의자 끝부분에 양다리의 오금 부위를 붙이고 몸통과 대퇴를 벨트로 고정시킨 후 양손은 보조 손잡이를 잡도록 하였다. 측정 전 부상 위험과 보상 작용을 최소화하기 위해 측정 자세 및 방법에 대한 설명을 충분히 하였으며, 대상자가 올바른 자세를 익힐 수 있도록 본 측정 전 무릎의 굴곡 자세와 신전 자세에서 예비 동작을 각 3회 이상 수행하였다. 측정 시 부하 속도는 근력의 경우 60°/sec에서 3회, 근지구력의 경우 240°/sec에서 12회로 설정하였으며, 측정 결과에 대한 오염을 막기 위해 두 측정 사이에 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

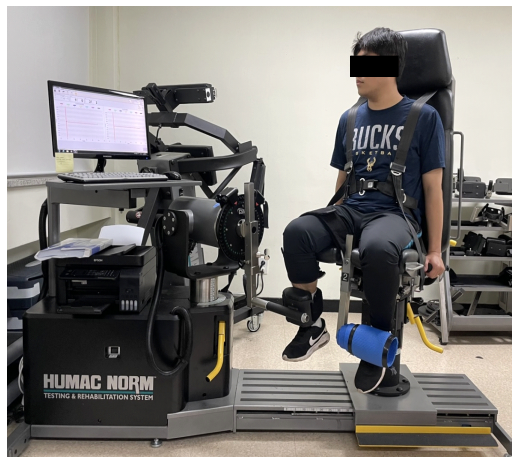


Figure 16. Knee isokinetic muscular function test

(2) 허리 등속성 근기능(Trunk isokinetic muscular function)

등속성 장비(Humac Norm 776, CSMI, Boston, USA)를 사용하여 허리의 굴근과 신근의 등속성 근기능을 측정하였다. 다른 근육군의 개입을 최소화하고 측정 부위에서 정확한 값을 얻기 위해 다른 부위의 외력이 발생하지 않도록 몸통이 가슴받이, 등받이에 닿게끔 바로 선 자세에서 몸통과 대퇴를 벨트로 고정시킨 후 양손은 보조 손잡이를 잡도록 하였다. 측정 전 부상 위험과 보상 작용을 최소화하기 위해 측정 자세 및 방법에 대한 설명을 충분히 하였으며, 대상자가 올바른 자세를 익힐 수 있도록 본 측정 전 허리의 굴곡 자세와 신전 자세에서 예비 동작을 각 3회 이상 수행하였다. 측정 시 부하 속도는 30°/sec에서 3회로 설정하였으며, 측정 결과에 대한 오염을 막기 위해 측정 사이에 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다.



Figure 17. Trunk isokinetic muscular function test



## 5. 자료처리

본 연구에서 얻은 측정 자료는 SPSS for windows (Version 24.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 기술통계분석(Descriptive statistics)을 통해 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(Standard deviation)를 산출하였다. 모든 변인의 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인하기 위해 이원변량 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 집단 간 차이를 검증하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였다. 각 집단 내에서의 변화량은 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하여 확인하였다. 또한, 사전에 유의한 차이가 나타난 변인은 공분산 분석(ANCOVA)으로 사전변인을 통제하였으며, 사후검증(Post-hoc analysis)은 Scheffe 방법(Scheffe test)을 사용하여 효과의 크기를 확인하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

## IV. 연구결과

본 연구는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였다. 수축 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 적용 후 확인한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

### 1. 신체구성 (Body composition)의 변화

#### 1) 수축 운동 방법에 따른 체중(Body weight)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 체중 변화 결과는 <Table 5>, <Table 6>, <Figure 18>과 같다.

Table 5. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body weight (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	71.93±6.29	72.17±5.68	72.05±5.99
CCG <sup>2</sup>	70.30±7.21	70.77±7.49	70.54±7.35
CG <sup>3</sup>	77.22±5.54	77.75±5.23	77.49±5.39
Total	72.95±6.76	73.36±6.64	73.16±6.70
<i>F</i>	2.003	2.199	
<i>p</i>	.166	.141	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 6. The result of two-way repeated measures ANOVA for body weight

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	337.956	2	168.978	2.124	.150	.200
Error	1352.434	17	79.555			
Within Subject						
Period	1.720	1	1.720	1.715	.208	.092
Group×Period	.157	2	.078	.078	.925	.009
Error	17.052	17	1.003			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 체중의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 5>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 6>과 같다. <Table 6>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.124$ ,  $p=.150$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.715$ ,  $p=.208$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.078$ ,  $p=.925$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.003$ ,  $p=.166$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.199$ ,  $p=.141$ ).

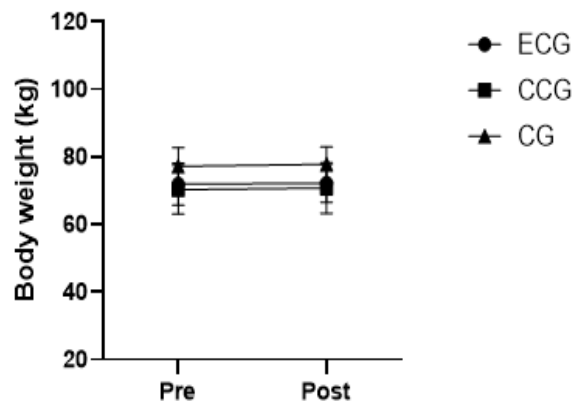


Figure 18. Change of body weight after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

2) 수축 운동 방법에 따른 골격근량(Skeletal muscle mass)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 골격근량 변화 결과는 <Table 7>, <Table 8>, <Figure 19>와 같다.

Table 7. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for skeletal muscle mass (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	34.26±3.46	34.40±3.11	34.33±3.29
CCG <sup>2</sup>	33.27±3.24	33.91±3.31	33.59±3.28
CG <sup>3</sup>	35.35±2.46	35.55±2.64	35.45±2.55
Total	34.24±3.07	34.58±2.97	34.41±3.02
<i>F</i>	.719	.480	
<i>p</i>	.502	.627	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 8. The result of two-way repeated measures ANOVA for skeletal muscle mass

Variable	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	22.420	2	11.210	.595	.563	.065
<i>Error</i>	320.243	17	18.838			
Within Subject						
Period	1.074	1	1.074	4.898	.041	.224
Group×Period	.516	2	.258	1.176	.332	.122
<i>Error</i>	3.727	17	.219			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 골격근량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 7>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 8>과 같다. <Table 8>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.595$ ,  $p=.563$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=4.898$ ,  $p=.041$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, CCG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-2.518$ ,  $p=.045$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.176$ ,  $p=.332$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.719$ ,  $p=.502$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.480$ ,  $p=.627$ ).

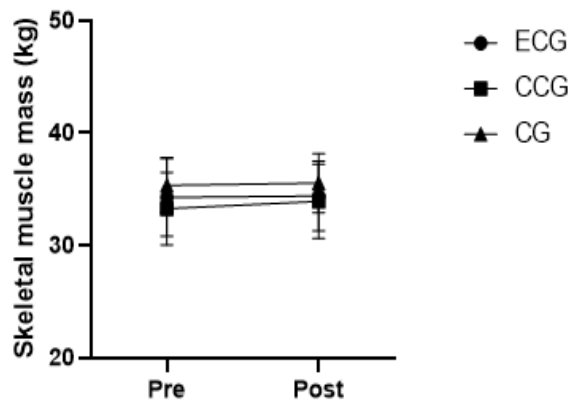


Figure 19. Change of skeletal muscle mass after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

3) 수축 운동 방법에 따른 체지방량(Body fat mass)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 체지방량 변화 결과는 <Table 9>, <Table 10>, <Figure 20>과 같다.

Table 9. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body fat mass (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	11.81±2.86	11.83±2.54	11.82±2.70
CCG <sup>2</sup>	11.94±2.83	11.39±2.85	11.67±2.84
CG <sup>3</sup>	15.42±2.58	15.72±2.41	15.57±2.50
Total	12.94±3.10	12.84±3.15	12.89±3.13
<i>F</i>	3.429	5.219	
<i>p</i>	.056	.017	
<i>Post-hoc</i>		2<3	

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 10. The result of two-way repeated measures ANOVA for body fat mass

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	122.994	2	61.497	4.467	.028	.344
<i>Error</i>	234.052	17	13.768			
Within Subject						
Period	.065	1	.065	.085	.774	.005
Group×Period	1.257	2	.629	.819	.458	.088
<i>Error</i>	13.053	17	.768			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 체지방량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 9>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 10>과 같다. <Table 10>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으나( $F=4.467$ ,  $p=.028$ ), 시기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.085$ ,  $p=.774$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.819$ ,  $p=.458$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=3.429$ ,  $p=.056$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=5.219$ ,  $p=.017$ ). 사후검증 결과, CCG보다 CG가 높은 결과를 보이며, 체지방량은 통제 집단이 유의하게 높은 결과를 보였다.

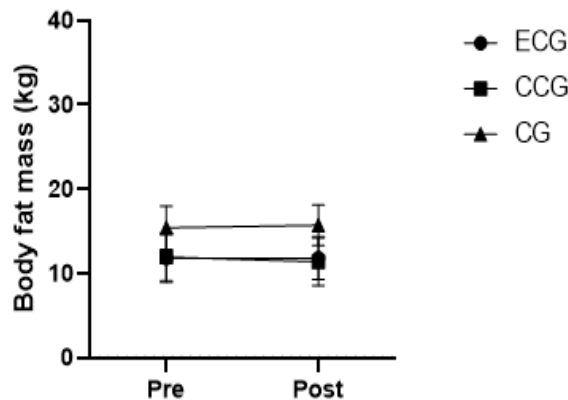


Figure 20. Change of body fat mass after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

4) 수축 운동 방법에 따른 체질량지수(Body mass index)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 체질량지수 변화 결과는 <Table 11>, <Table 12>, <Figure 21>과 같다.

Table 11. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for body mass index (kg/m<sup>2</sup>)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	24.16±1.61	24.20±1.58	24.18±1.60
CCG <sup>2</sup>	23.40±2.04	23.51±2.11	23.46±2.08
CG <sup>3</sup>	25.22±1.44	25.38±1.22	25.30±1.33
Total	24.21±1.80	24.32±1.79	24.27±1.80
<i>F</i>	1.782	1.970	
<i>p</i>	.198	.170	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 12. The result of two-way repeated measures ANOVA for body mass index

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	22.096	2	11.048	1.916	.178	.184
<i>Error</i>	98.033	17	5.767			
Within Subject						
Period	.116	1	.116	.860	.367	.048
Group×Period	.025	2	.013	.094	.911	.011
<i>Error</i>	2.290	17	.135			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 체질량지수의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 11>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 12>와 같다. <Table 12>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.916, p=.178$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.860, p=.367$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.094, p=.911$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.782, p=.198$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.970, p=.170$ ).

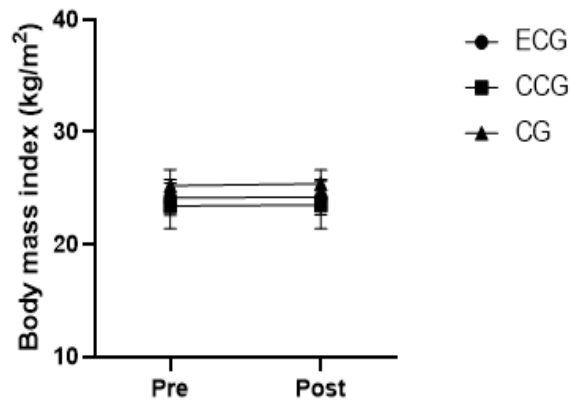


Figure 21. Change of body mass index after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

5) 수축 운동 방법에 따른 체지방률(Percent body fat)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 체지방률 변화 결과는 <Table 13>, <Table 14>, <Figure 22>와 같다.

Table 13. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for percent body fat (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	16.43±3.53	16.41±3.16	16.42±3.35
CCG <sup>2</sup>	16.84±2.82	15.93±2.77	16.39±2.80
CG <sup>3</sup>	19.92±2.49	20.22±2.64	20.07±2.57
Total	17.62±3.24	17.39±3.33	17.51±3.29
<i>F</i>	2.535	4.205	
<i>p</i>	.109	.033	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 14. The result of two-way repeated measures ANOVA for percent body fat

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	112.722	2	56.361	3.479	.054	.290
<i>Error</i>	275.392	17	16.200			
Within Subject						
Period	.437	1	.437	.394	.538	.023
Group×Period	2.644	2	1.322	1.194	.327	.123
<i>Error</i>	18.819	17	1.107			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 체지방률의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 13>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 14>와 같다. <Table 14>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.479, p=.054$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.394, p=.538$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, CCG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=2.543, p=.044$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.194, p=.327$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.535, p=.109$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=4.205, p=.033$ ).

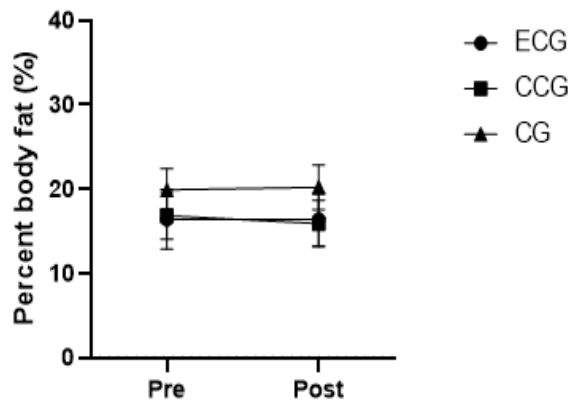


Figure 22. Change of percent body fat after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

## 2. 신체둘레 (Body circumference) 의 변화

### 1) 수축 운동 방법에 따른 가슴 둘레(Chest circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 가슴 둘레 변화 결과는 <Table 15>, <Table 16>, <Figure 23>과 같다.

Table 15. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for chest circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	95.57±4.84	96.16±4.75	95.87±4.80
CCG <sup>2</sup>	90.39±3.76	91.46±3.62	90.93±3.69
CG <sup>3</sup>	94.68±4.39	94.35±2.97	94.52±3.68
Total	93.49±4.74	93.97±4.21	93.73±4.48
<i>F</i>	2.812	2.586	
<i>p</i>	.088	.105	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 16. The result of two-way repeated measures ANOVA for chest circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	181.632	2	90.816	2.905	.082	.255
<i>Error</i>	531.532	17	31.267			
Within Subject						
Period	1.937	1	1.937	.684	.420	.039
Group×Period	3.248	2	1.624	.574	.574	.063
<i>Error</i>	48.108	17	2.830			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 가슴 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 15>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 16>과 같다. <Table 16>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.905, p=.082$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.684, p=.420$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.574, p=.574$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.812, p=.088$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.586, p=.105$ ).

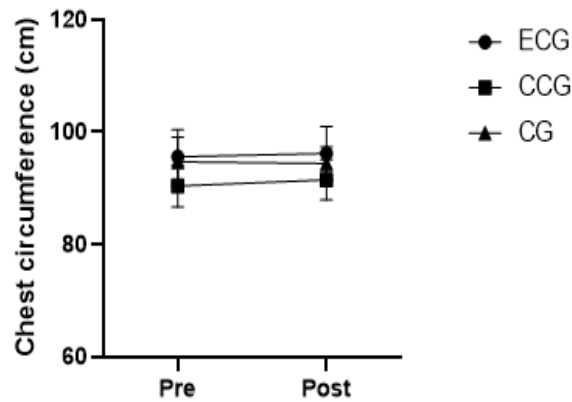


Figure 23. Change of chest circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

2) 수축 운동 방법에 따른 엉덩이 둘레(Hip circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 엉덩이 둘레 변화 결과는 <Table 17>, <Table 18>, <Figure 24>와 같다.

Table 17. The result of descriptive statistics and ANCOVA for hip circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	96.43±3.45	95.03±2.57	95.73±3.01
CCG <sup>2</sup>	94.31±3.50	94.56±3.14	94.44±3.32
CG <sup>3</sup>	100.28±3.81	98.58±4.57	99.43±4.19
Total	96.85±4.19	95.93±3.73	96.39±3.96
<i>F</i>	4.577	2.563	
<i>p</i>	.026	.106	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 18. The result of two-way repeated measures ANOVA for hip circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	170.736	2	85.368	3.766	.044	.307
<i>Error</i>	385.362	17	22.668			
Within Subject						
Period	9.023	1	9.023	4.437	.050	.207
Group×Period	7.364	2	3.682	1.811	.194	.176
<i>Error</i>	34.569	17	2.033			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 엉덩이 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 17>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 18>과 같다. <Table 18>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으며( $F=3.766$ ,  $p=.044$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타났다( $F=4.437$ ,  $p=.050$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.811$ ,  $p=.194$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나 공분산 분석으로 사전변인을 통제하였으며, 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.653$ ,  $p=.534$ ).

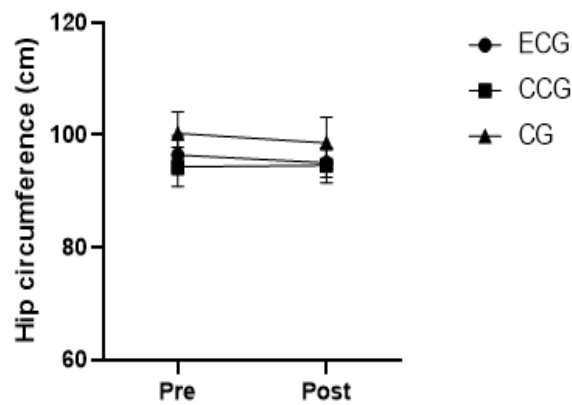


Figure 24. Change of hip circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

3) 수축 운동 방법에 따른 우측 대퇴 중앙 둘레(Right mid thigh circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 우측 대퇴 중앙 둘레 변화 결과는 <Table 19>, <Table 20>, <Figure 25>와 같다.

Table 19. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right mid thigh circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	50.26±2.75	50.81±1.89	50.54±2.32
CCG <sup>2</sup>	48.91±3.62	49.70±3.43	49.31±3.53
CG <sup>3</sup>	52.75±3.16	52.00±2.86	52.38±3.01
Total	50.54±3.42	50.78±2.81	50.66±3.12
<i>F</i>	2.365	1.092	
<i>p</i>	.124	.358	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 20. The result of two-way repeated measures ANOVA for right mid thigh circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	61.134	2	30.567	1.784	.198	.173
<i>Error</i>	291.249	17	17.132			
Within Subject						
Period	.388	1	.388	.420	.526	.024
Group×Period	4.334	2	2.167	2.344	.126	.216
<i>Error</i>	15.720	17	.925			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 우측 대퇴 중앙 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 19>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 20>과 같다. <Table 20>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.784, p=.198$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.420, p=.526$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.344, p=.126$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.365, p=.124$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.092, p=.358$ ).

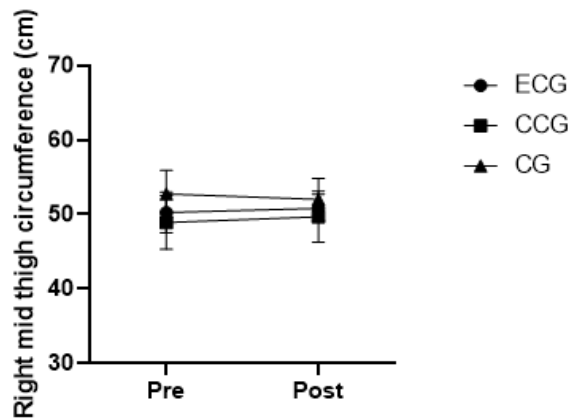


Figure 25. Change of right mid thigh circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

4) 수축 운동 방법에 따른 좌측 대퇴 중앙 둘레(Left mid thigh circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 좌측 대퇴 중앙 둘레 변화 결과는 <Table 21>, <Table 22>, <Figure 26>과 같다.

Table 21. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left mid thigh circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	49.46±2.70	50.73±1.58	50.10±2.14
CCG <sup>2</sup>	48.31±3.13	49.64±3.29	48.98±3.21
CG <sup>3</sup>	51.33±3.44	52.08±2.71	51.71±3.08
Total	49.62±3.17	50.76±2.67	50.19±2.92
<i>F</i>	1.563	1.404	
<i>p</i>	.238	.273	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 22. The result of two-way repeated measures ANOVA for left mid thigh circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	48.342	2	24.171	1.592	.232	.158
<i>Error</i>	258.057	17	15.180			
Within Subject						
Period	12.404	1	12.404	10.459	.005	.381
Group×Period	.641	2	.320	.270	.766	.031
<i>Error</i>	20.162	17	1.186			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 좌측 대퇴 중양 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 21>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 22>와 같다. <Table 22>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.592, p=.232$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=10.459, p=.005$ ). 그리고 대응표본  $t$ -검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, CCG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-3.015, p=.024$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.270, p=.766$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.563, p=.238$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.404, p=.273$ ).

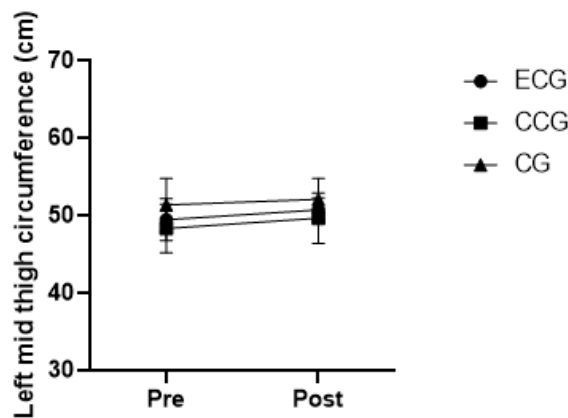


Figure 26. Change of left mid thigh circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

5) 수축 운동 방법에 따른 우측 종아리 둘레(Right calf circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 우측 종아리 둘레 변화 결과는 <Table 23>, <Table 24>, <Figure 27>과 같다.

Table 23. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right calf circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	37.60±2.38	37.33±2.28	37.47±2.33
CCG <sup>2</sup>	37.77±2.55	37.26±2.23	37.52±2.39
CG <sup>3</sup>	38.58±3.12	37.92±2.31	38.25±2.72
Total	37.96±2.57	37.48±2.17	37.72±2.37
<i>F</i>	.244	.160	
<i>p</i>	.786	.853	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 24. The result of two-way repeated measures ANOVA for right calf circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4.878	2	2.439	.205	.817	.024
<i>Error</i>	202.134	17	11.890			
Within Subject						
Period	2.331	1	2.331	5.468	.032	.243
Group×Period	.261	2	.130	.306	.741	.035
<i>Error</i>	7.248	17	.426			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 우측 종아리 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 23>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 24>와 같다. <Table 24>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.205, p=.817$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=5.468, p=.032$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.306, p=.741$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.244, p=.786$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.160, p=.853$ ).

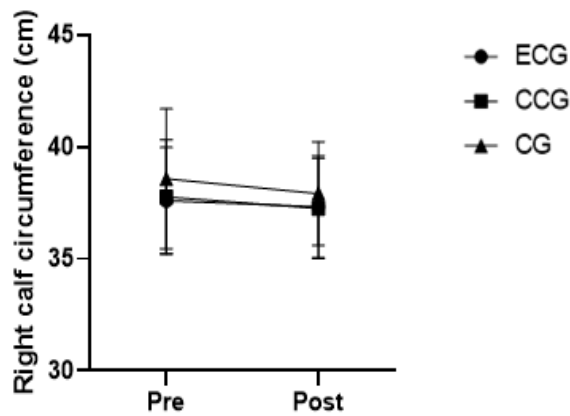


Figure 27. Change of right calf circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

6) 수축 운동 방법에 따른 좌측 종아리 둘레(Left calf circumference)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 좌측 종아리 둘레 변화 결과는 <Table 25>, <Table 26>, <Figure 28>과 같다.

Table 25. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left calf circumference (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	37.43±2.49	37.21±2.25	37.32±2.37
CCG <sup>2</sup>	37.30±2.39	36.91±2.09	37.11±2.24
CG <sup>3</sup>	38.12±3.05	37.70±2.13	37.91±2.59
Total	37.59±2.52	37.26±2.07	37.43±2.30
<i>F</i>	.176	.216	
<i>p</i>	.840	.808	

*Post-hoc*

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 26. The result of two-way repeated measures ANOVA for left calf circumference

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4.368	2	2.184	.197	.823	.023
<i>Error</i>	188.467	17	11.086			
Within Subject						
Period	1.142	1	1.142	2.292	.148	.119
Group×Period	.080	2	.040	.080	.923	.009
<i>Error</i>	8.473	17	.498			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 좌측 종아리 둘레의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 25>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 26>과 같다. <Table 26>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.197, p=.823$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.292, p=.148$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.080, p=.923$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.176, p=.840$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.216, p=.808$ ).

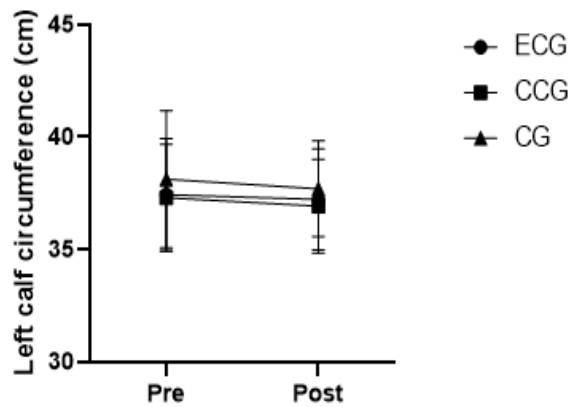


Figure 28. Change of left calf circumference after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

### 3. 건강 및 기술 관련 체력(Health- and skill-related physical fitness)의 변화

#### 1) 건강 관련 체력(Health-related physical fitness)

##### (1) 수축 운동 방법에 따른 우측 악력(Right hand grip strength)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 우측 악력 변화 결과는 <Table 27>, <Table 28>, <Figure 29>와 같다.

Table 27. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for right hand grip strength (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	46.00±6.87	48.77±6.57	47.39±6.72
CCG <sup>2</sup>	49.33±5.47	50.57±5.03	49.95±5.25
CG <sup>3</sup>	53.30±6.72	50.37±8.54	51.84±7.63
Total	49.36±6.73	49.88±6.44	49.62±6.59
<i>F</i>	2.126	.147	
<i>p</i>	.150	.865	

*Post-hoc*

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 28. The result of two-way repeated measures ANOVA for right hand grip strength

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	130.199	2	65.099	.806	.463	.087
<i>Error</i>	1372.594	17	80.741			
Within Subject						
Period	1.291	1	1.291	.241	.630	.014
Group×Period	55.346	2	27.673	5.159	.018	.378
<i>Error</i>	91.182	17	5.364			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 우측 악력의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 27>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 28>과 같다. <Table 28>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.806, p=.463$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.241, p=.630$ ). 그리고 대응표본  $t$ -검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-3.228, p=.018$ )와 CG( $t=2.948, p=.032$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=5.159, p=.018$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.126, p=.150$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.147, p=.865$ ).

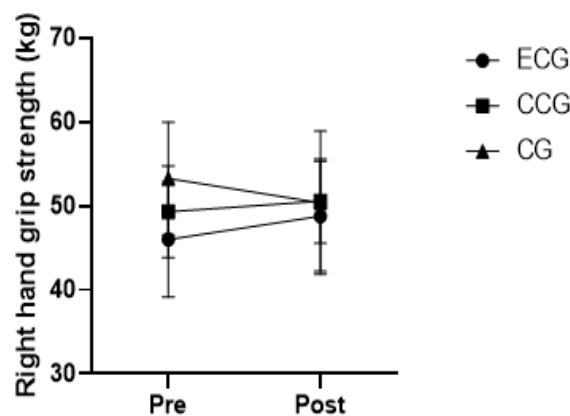


Figure 29. Change of right hand grip strength after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(2) 수축 운동 방법에 따른 좌측 악력(Left hand grip strength)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 좌측 악력 변화 결과는 <Table 29>, <Table 30>, <Figure 30>과 같다.

Table 29. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for left hand grip strength (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	44.06±7.01	45.96±5.73	45.01±6.37
CCG <sup>2</sup>	48.90±6.22	48.11±7.12	48.51±6.67
CG <sup>3</sup>	52.40±5.44	50.30±5.43	51.35±5.44
Total	48.26±6.90	48.02±6.11	48.14±6.51
<i>F</i>	2.888	.800	
<i>p</i>	.083	.465	

*Post-hoc*

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 30. The result of two-way repeated measures ANOVA for left hand grip strength

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	262.942	2	131.471	1.820	.192	.176
<i>Error</i>	1228.139	17	72.243			
Within Subject						
Period	1.074	1	1.074	.192	.667	.011
Group×Period	27.450	2	13.725	2.452	.116	.224
<i>Error</i>	95.164	17	5.598			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 좌측 악력의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 29>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 30>과 같다. <Table 30>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.820, p=.192$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.192, p=.667$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.452, p=.116$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.888, p=.083$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.800, p=.465$ ).

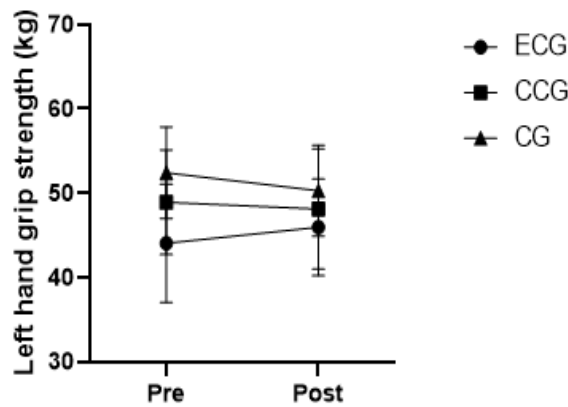


Figure 30. Change of left hand grip strength after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(3) 수축 운동 방법에 따른 배근력(Back muscular strength)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 배근력 변화 결과는 <Table 31>, <Table 32>, <Figure 31>과 같다.

Table 31. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for back muscular strength (kg)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	153.86±17.72	158.29±22.82	156.08±20.27
CCG <sup>2</sup>	143.93±16.48	149.71±16.50	146.82±16.49
CG <sup>3</sup>	158.92±24.29	126.08±59.22	142.50±41.76
Total	151.90±19.51	145.63±36.86	148.77±28.19
<i>F</i>	1.009	1.346	
<i>p</i>	.385	.287	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 32. The result of two-way repeated measures ANOVA for back muscular strength

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1271.262	2	635.631	.585	.568	.064
<i>Error</i>	18465.107	17	1086.183			
Within Subject						
Period	565.476	1	565.476	.934	.347	.052
Group×Period	3026.131	2	1513.065	2.500	.112	.227
<i>Error</i>	10288.238	17	605.190			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 배근력의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 31>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 32>와 같다. <Table 32>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.585, p=.568$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.934, p=.347$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.500, p=.112$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.009, p=.385$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.346, p=.287$ ).

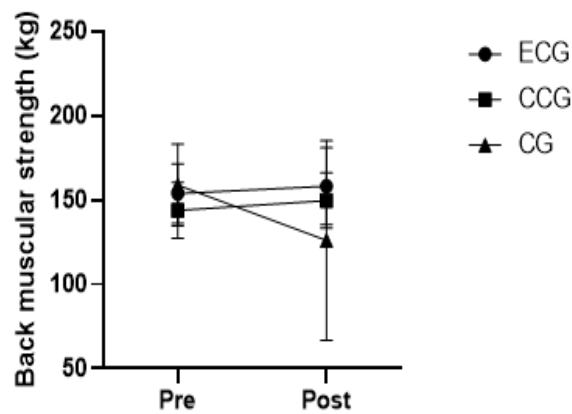


Figure 31. Change of back muscular strength after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(4) 수축 운동 방법에 따른 윗몸일으키기(Sit-up)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 윗몸일으키기 변화 결과는 <Table 33>, <Table 34>, <Figure 32>와 같다.

Table 33. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sit-up (reps/60sec)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	50.43±9.43	56.43±11.21	53.43±10.32
CCG <sup>2</sup>	42.00±6.98	53.00±7.85	47.50±7.42
CG <sup>3</sup>	40.00±10.94	36.50±11.91	38.25±11.43
Total	44.35±9.83	49.25±13.11	46.80±11.47
<i>F</i>	2.453	6.651	
<i>p</i>	.116	.007	
<i>Post-hoc</i>		3<1	

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 34. The result of two-way repeated measures ANOVA for sit-up

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1499.221	2	749.611	4.546	.026	.348
<i>Error</i>	2803.179	17	164.893			
Within Subject						
Period	201.434	1	201.434	7.547	.014	.307
Group×Period	346.150	2	173.075	6.484	.008	.433
<i>Error</i>	453.750	17	26.691			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 윗몸일으키기의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 33>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 34>와 같다. <Table 34>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으며( $F=4.546$ ,  $p=.026$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타났다( $F=7.547$ ,  $p=.014$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-4.243$ ,  $p=.005$ ), CCG( $t=-2.553$ ,  $p=.043$ ), CG( $t=2.907$ ,  $p=.034$ ) 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=6.484$ ,  $p=.008$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.453$ ,  $p=.116$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=6.651$ ,  $p=.007$ ). 사후검정 결과, CG보다 ECG가 높은 결과를 보이며, 윗몸일으키기는 신장성 수축 운동 집단이 유의하게 높은 결과를 보였다.

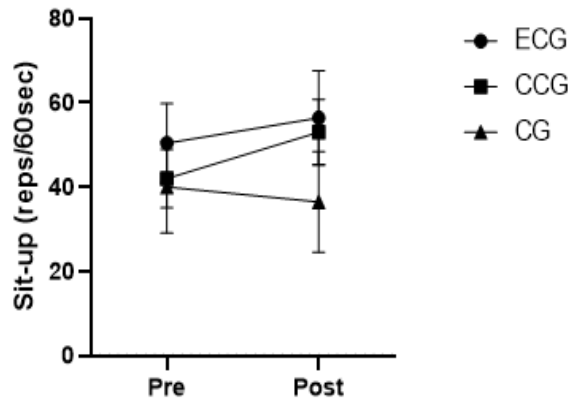


Figure 32. Change of sit-up after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(5) 수축 운동 방법에 따른 앉아 윗몸 앞으로 굽히기(Sit and reach)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 앉아 윗몸 앞으로 굽히기 변화 결과는 <Table 35>, <Table 36>, <Figure 33>과 같다.

Table 35. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sit and reach (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	16.26±7.24	16.86±6.31	16.56±6.78
CCG <sup>2</sup>	12.71±4.02	16.41±4.23	14.56±4.13
CG <sup>3</sup>	15.43±4.93	13.57±4.92	14.50±4.93
Total	14.77±5.53	15.72±5.17	15.25±5.35
<i>F</i>	.760	.731	
<i>p</i>	.483	.496	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 36. The result of two-way repeated measures ANOVA for sit and reach

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	37.251	2	18.626	.333	.721	.038
<i>Error</i>	950.401	17	55.906			
Within Subject						
Period	6.544	1	6.544	2.180	.158	.114
Group×Period	50.698	2	25.349	8.444	.003	.498
<i>Error</i>	51.037	17	3.002			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 앉아 윗몸 앞으로 굽히기의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 35>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 36>과 같다. <Table 36>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.333, p=.721$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.180, p=.158$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, CCG( $t=-8.425, p=.000$ )와 CG( $t=4.000, p=.010$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=8.444, p=.003$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.760, p=.483$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.731, p=.496$ ).

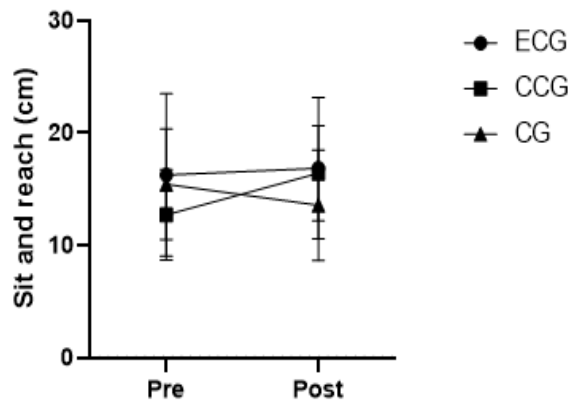


Figure 33. Change of sit and reach after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

2) 기술 관련 체력(Skill-related physical fitness)

(1) 수축 운동 방법에 따른 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기(Front abdominal power test)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기 변화 결과는 <Table 37>, <Table 38>, <Figure 34>와 같다.

Table 37. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for front abdominal power test (m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	4.01±1.31	5.67±0.88	4.84±1.10
CCG <sup>2</sup>	3.76±1.20	4.84±1.26	4.30±1.23
CG <sup>3</sup>	4.69±1.10	4.42±0.89	4.56±1.00
Total	4.13±1.21	5.01±1.11	4.57±1.16
<i>F</i>	.998	2.530	
<i>p</i>	.389	.109	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 38. The result of two-way repeated measures ANOVA for front abdominal power test

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	2.039	2	1.019	.529	.598	.059
<i>Error</i>	32.741	17	1.926			
Within Subject						
Period	6.692	1	6.692	11.151	.004	.396
Group×Period	6.254	2	3.127	5.210	.017	.380
<i>Error</i>	10.203	17	.600			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 윗몸 일으켜 매디신 볼 던지기의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 37>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 38>과 같다. <Table 38>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.529, p=.598$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=11.151, p=.004$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-2.792, p=.031$ )와 CCG( $t=-3.224, p=.018$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=5.210, p=.017$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.998, p=.389$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.530, p=.109$ ).

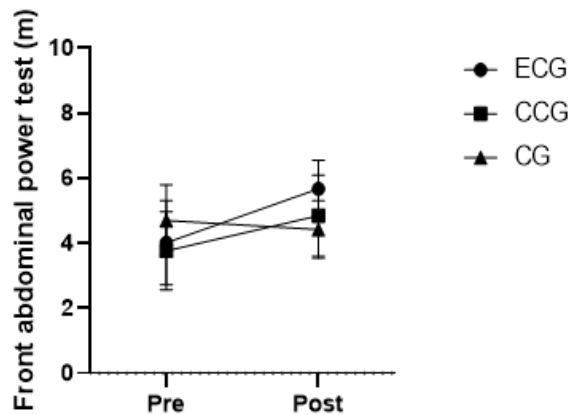


Figure 34. Change of front abdominal power test after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(2) 수축 운동 방법에 따른 제자리 높이 뛰기(Sargent jump)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 제자리 높이 뛰기 변화 결과는 <Table 39>, <Table 40>, <Figure 35>와 같다.

Table 39. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for sargent jump (cm)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	46.43±4.43	50.43±2.51	48.43±3.47
CCG <sup>2</sup>	45.43±8.28	50.86±9.44	48.15±8.86
CG <sup>3</sup>	45.33±4.08	46.83±6.27	46.08±5.18
Total	45.75±5.70	49.50±6.61	47.63±6.16
<i>F</i>	.069	.680	
<i>p</i>	.933	.520	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 40. The result of two-way repeated measures ANOVA for sargent jump

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	41.315	2	20.658	.276	.762	.031
<i>Error</i>	1274.560	17	74.974			
Within Subject						
Period	132.006	1	132.006	20.855	.000	.551
Group×Period	25.268	2	12.634	1.996	.166	.190
<i>Error</i>	107.607	17	6.330			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 제자리 높이 뛰기의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 39>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 40>과 같다. <Table 40>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.276, p=.762$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=20.855, p=.000$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-2.703, p=.035$ )와 CCG( $t=-5.729, p=.001$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.996, p=.166$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.069, p=.933$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.680, p=.520$ ).

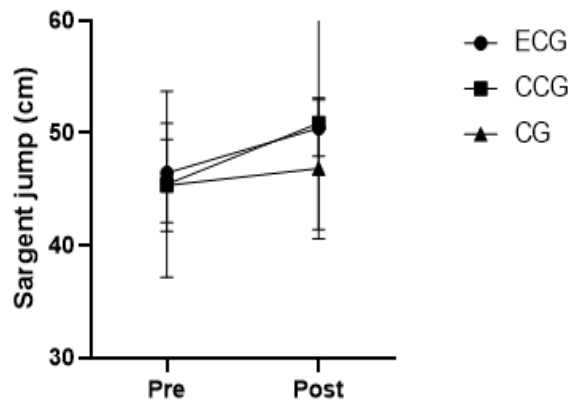


Figure 35. Change of sargent jump after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(3) 수축 운동 방법에 따른 제자리 멀리 뛰기(Standing long jump)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 제자리 멀리 뛰기 변화 결과는 <Table 41>, <Table 42>, <Figure 36>과 같다.

Table 41. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for standing long jump (m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	2.36±0.10	2.49±0.11	2.43±0.11
CCG <sup>2</sup>	2.36±0.20	2.48±0.19	2.42±0.20
CG <sup>3</sup>	2.33±0.19	2.23±0.13	2.28±0.16
Total	2.35±0.16	2.41±0.19	2.38±0.18
<i>F</i>	.080	6.316	
<i>p</i>	.924	.009	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 42. The result of two-way repeated measures ANOVA for standing long jump

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.180	2	.090	2.061	.158	.195
<i>Error</i>	.744	17	.044			
Within Subject						
Period	.027	1	.027	4.464	.050	.208
Group×Period	.110	2	.055	9.002	.002	.514
<i>Error</i>	.104	17	.006			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 제자리 멀리 뛰기의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 41>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 42>와 같다. <Table 42>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.061, p=.158$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=4.464, p=.050$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-3.243, p=.018$ )와 CCG( $t=-3.232, p=.018$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=9.002, p=.002$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.080, p=.924$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=6.316, p=.009$ ).

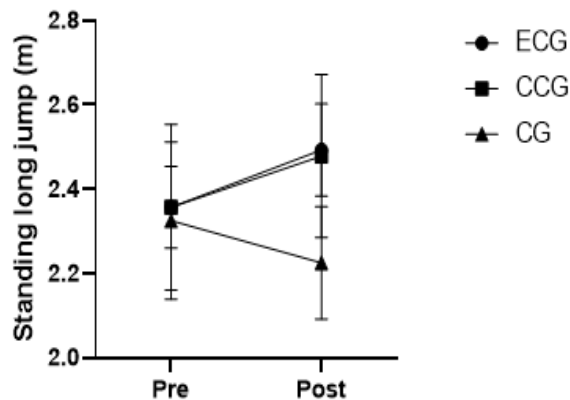


Figure 36. Change of standing long jump after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(4) 수축 운동 방법에 따른 10m 달리기(Ten-meter sprint)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 10m 달리기 변화 결과는 <Table 43>, <Table 44>, <Figure 37>과 같다.

Table 43. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for ten-meter sprint (sec)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	2.05±0.12	1.94±0.26	2.00±0.19
CCG <sup>2</sup>	1.93±0.30	1.88±0.20	1.91±0.25
CG <sup>3</sup>	2.15±0.19	2.25±0.19	2.20±0.19
Total	2.04±0.23	2.01±0.26	2.03±0.25
<i>F</i>	1.567	5.276	
<i>p</i>	.237	.016	
<i>Post-hoc</i>		2<3	

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 44. The result of two-way repeated measures ANOVA for ten-meter sprint

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.581	2	.291	3.792	.043	.308
<i>Error</i>	1.303	17	.077			
Within Subject						
Period	.003	1	.003	.174	.682	.010
Group×Period	.075	2	.037	1.931	.176	.185
<i>Error</i>	.330	17	.019			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 10m 달리기 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 43>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 44>와 같다. <Table 44>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으나( $F=3.792$ ,  $p=.043$ ), 시기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.174$ ,  $p=.682$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.931$ ,  $p=.176$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.567$ ,  $p=.237$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=5.276$ ,  $p=.016$ ). 사후검정 결과, CCG 보다 CG가 높은 결과를 보이며, 10m 달리기는 통제 집단이 유의하게 낮은 결과를 보였다.

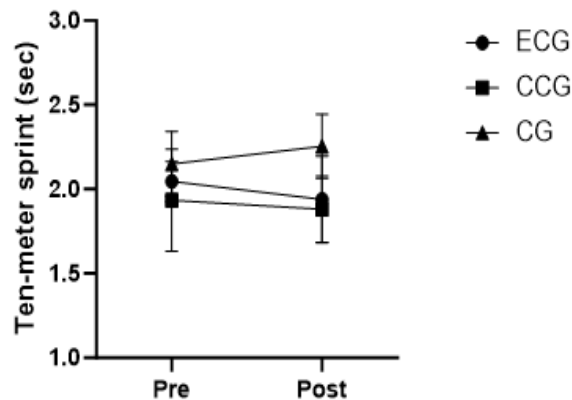


Figure 37. Change of ten-meter sprint after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(5) 수축 운동 방법에 따른 20m 달리기(Twenty-meter sprint)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 20m 달리기 변화 결과는 <Table 45>, <Table 46>, <Figure 38>과 같다.

Table 45. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for twenty-meter sprint (sec)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	3.35±0.36	3.16±0.25	3.26±0.31
CCG <sup>2</sup>	3.30±0.40	3.18±0.23	3.24±0.32
CG <sup>3</sup>	3.40±0.56	3.58±0.22	3.49±0.39
Total	3.35±0.42	3.29±0.29	3.32±0.36
<i>F</i>	.077	6.489	
<i>p</i>	.926	.008	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 46. The result of two-way repeated measures ANOVA for twenty-meter sprint

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.483	2	.242	1.335	.289	.136
<i>Error</i>	3.076	17	.181			
Within Subject						
Period	.018	1	.018	.268	.612	.016
Group×Period	.243	2	.121	1.779	.199	.173
<i>Error</i>	1.160	17	.068			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 20m 달리기 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 45>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 46>과 같다. <Table 46>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.335, p=.289$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.268, p=.612$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.779, p=.199$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=0.77, p=.926$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=6.489, p=.008$ ).

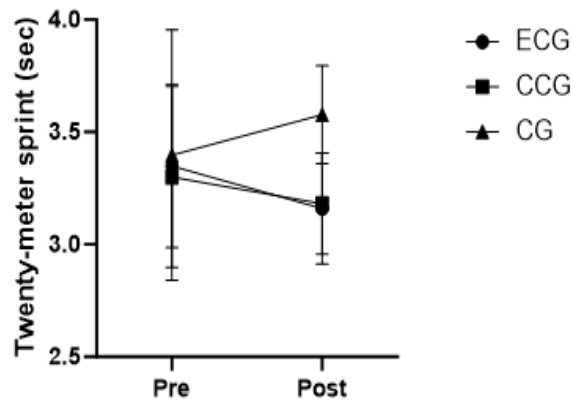


Figure 38. Change of twenty-meter sprint after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(6) 수축 운동 방법에 따른 30m 달리기(Thirty-meter sprint)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 30m 달리기 변화 결과는 <Table 47>, <Table 48>, <Figure 39>와 같다.

Table 47. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for thirty-meter sprint (sec)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	4.60±0.37	4.29±0.27	4.45±0.32
CCG <sup>2</sup>	4.64±0.45	4.35±0.29	4.50±0.37
CG <sup>3</sup>	4.80±0.62	5.01±0.30	4.91±0.46
Total	4.67±0.46	4.53±0.42	4.60±0.44
<i>F</i>	.283	12.383	
<i>p</i>	.757	.000	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 48. The result of two-way repeated measures ANOVA for thirty-meter sprint

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1.598	2	.799	2.917	.081	.256
<i>Error</i>	4.656	17	.274			
Within Subject						
Period	.163	1	.163	3.947	.063	.188
Group×Period	.568	2	.284	6.859	.007	.447
<i>Error</i>	.704	17	.041			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 30m 달리기 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 47>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 48>과 같다. <Table 48>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.917, p=.081$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=3.947, p=.063$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=3.025, p=.023$ )와 CCG( $t=3.106, p=.021$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=6.859, p=.007$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.283, p=.757$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=12.383, p=.000$ ).

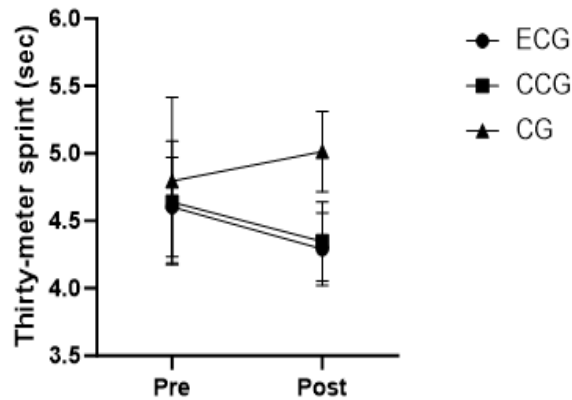


Figure 39. Change of thirty-meter sprint after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(7) 수축 운동 방법에 따른 일리노이 민첩성 검사(Illinois agility test)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 일리노이 민첩성 검사 변화 결과는 <Table 49>, <Table 50>, <Figure 40>과 같다.

Table 49. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for Illinois agility test (sec)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	17.72±1.04	16.85±0.57	17.29±0.81
CCG <sup>2</sup>	17.44±0.68	16.77±0.68	17.11±0.68
CG <sup>3</sup>	17.38±0.84	17.97±0.74	17.68±0.79
Total	17.52±0.83	17.16±0.83	17.34±0.83
<i>F</i>	.303	6.468	
<i>p</i>	.743	.008	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 50. The result of two-way repeated measures ANOVA for Illinois agility test

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	2.151	2	1.075	1.086	.360	.113
<i>Error</i>	16.832	17	.990			
Within Subject						
Period	.978	1	.978	4.896	.041	.224
Group×Period	3.978	2	1.989	9.956	.001	.539
<i>Error</i>	3.396	17	.200			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 일리노이 민첩성 검사의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 49>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 50>과 같다. <Table 50>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.086, p=.360$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=7.547, p=.041$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=3.058, p=.022$ )와 CCG( $t=3.311, p=.016$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=9.956, p=.001$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=.303, p=.743$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=6.468, p=.008$ ).

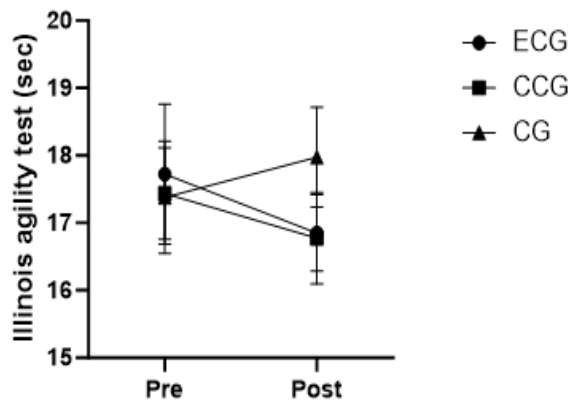


Figure 40. Change of Illinois agility test after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

#### 4. 등속성 근기능 (Isokinetic muscular function)의 변화

##### 1) 무릎 근력(60°/sec)의 등속성 근기능(Knee isokinetic muscular function)

(1) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in right knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 51>, <Table 52>, <Figure 41>과 같다.

Table 51. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in right knee extensor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	259.29±44.32	265.14±55.33	262.22±49.83
CCG <sup>2</sup>	269.43±56.27	269.86±61.32	269.65±58.80
CG <sup>3</sup>	276.50±27.33	257.67±28.27	267.09±27.80
Total	268.00±43.22	264.55±48.88	266.28±46.05
<i>F</i>	.241	.092	
<i>p</i>	.788	.913	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 52. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in right knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	397.487	2	198.743	.068	.935	.008
Error	49970.988	17	2939.470			
Within Subject						
Period	174.016	1	174.016	.100	.755	.006
Group×Period	1065.773	2	532.886	.307	.739	.035
Error	29464.702	17	1733.218			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우신근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 51>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 52>와 같다. <Table 52>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.068, p=.935$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.100, p=.755$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.307, p=.739$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.241, p=.788$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.092, p=.913$ ).

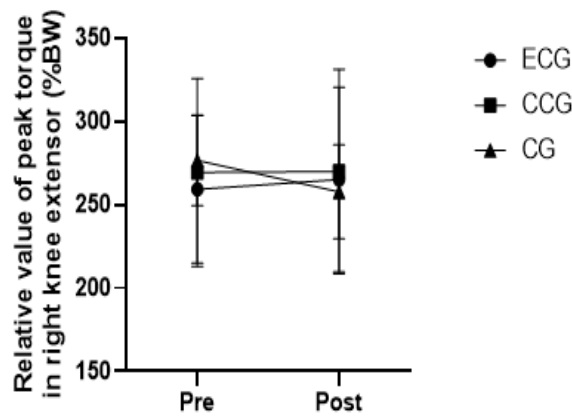


Figure 41. Change of relative value of peak torque in right knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(2) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in right knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 53>, <Table 54>, <Figure 42>와 같다.

Table 53. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in right knee flexor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	132.71±20.41	134.86±19.88	133.79±20.15
CCG <sup>2</sup>	137.00±38.11	137.00±42.07	137.00±40.09
CG <sup>3</sup>	143.50±28.55	134.00±13.15	138.75±20.85
Total	137.45±28.71	135.35±27.04	136.40±27.88
<i>F</i>	.210	.019	
<i>p</i>	.813	.981	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 54. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in right knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	166.993	2	83.496	.065	.938	.008
<i>Error</i>	21922.607	17	1289.565			
Within Subject						
Period	59.825	1	59.825	.141	.712	.008
Group×Period	242.721	2	121.361	.286	.755	.033
<i>Error</i>	7219.179	17	424.658			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우굴근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 53>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 54>와 같다. <Table 54>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.065$ ,  $p=.938$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.141$ ,  $p=.712$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.286$ ,  $p=.755$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.210$ ,  $p=.813$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.019$ ,  $p=.981$ ).

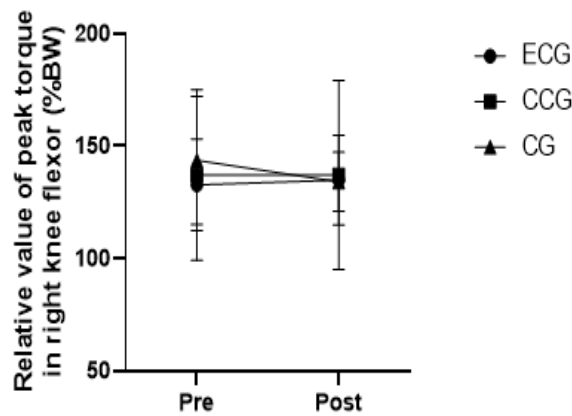


Figure 42. Change of relative value of peak torque in right knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(3) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in left knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 55>, <Table 56>, <Figure 43>과 같다.

Table 55. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in left knee extensor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	239.57±36.00	256.14±31.64	247.86±33.82
CCG <sup>2</sup>	259.14±42.83	263.00±74.09	261.07±58.46
CG <sup>3</sup>	252.33±28.25	222.17±41.92	237.25±35.09
Total	250.25±35.65	248.35±53.20	249.30±44.43
<i>F</i>	.514	1.076	
<i>p</i>	.607	.363	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 56. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in left knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	3711.507	2	1855.754	.696	.512	.076
<i>Error</i>	45331.893	17	2666.582			
Within Subject						
Period	104.813	1	104.813	.071	.793	.004
Group×Period	3707.198	2	1853.599	1.252	.311	.128
<i>Error</i>	25167.702	17	1480.453			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌신근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 55>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 56>과 같다. <Table 56>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.696, p=.512$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.071, p=.793$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.252, p=.311$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.514, p=.607$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.076, p=.363$ ).

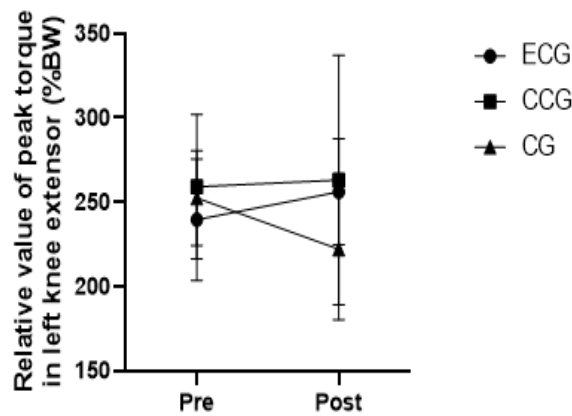


Figure 43. Change of relative value of peak torque in left knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(4) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in left knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 57>, <Table 58>, <Figure 44>와 같다.

Table 57. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in left knee flexor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	125.43±38.32	132.29±17.91	128.86±28.12
CCG <sup>2</sup>	131.43±24.09	132.71±30.44	132.07±27.27
CG <sup>3</sup>	135.00±29.68	117.00±17.15	126.00±23.42
Total	130.40±29.92	127.85±22.90	129.13±26.41
<i>F</i>	.156	.959	
<i>p</i>	.856	.403	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 58. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in left knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	239.732	2	119.866	.104	.902	.012
<i>Error</i>	19532.143	17	1148.950			
Within Subject						
Period	107.391	1	107.391	.298	.592	.017
Group×Period	1077.332	2	538.666	1.497	.252	.150
<i>Error</i>	6116.143	17	359.773			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌골근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 57>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 58>과 같다. <Table 58>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.104, p=.902$ ), 시기 간에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.298, p=.592$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.497, p=.252$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.156, p=.856$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.959, p=.403$ ).

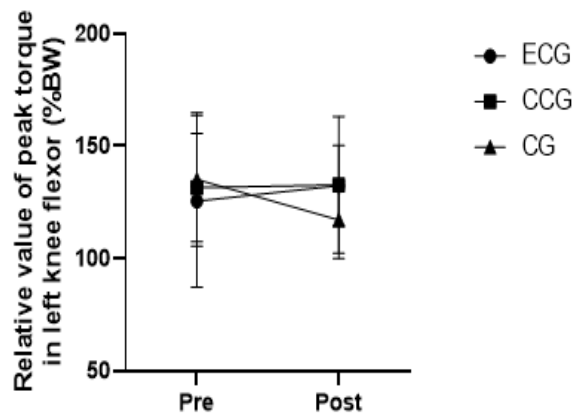


Figure 44. Change of relative value of peak torque in left knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(5) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우측 굴신 비율(H:Q ratio of the right knee)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우측 굴신 비율 변화 결과는 <Table 59>, <Table 60>, <Figure 45>와 같다.

Table 59. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for H:Q ratio of the right knee (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	51.57±8.00	51.86±8.01	51.72±8.01
CCG <sup>2</sup>	50.86±9.39	51.57±14.89	51.22±12.14
CG <sup>3</sup>	51.83±7.86	52.67±8.78	52.25±8.32
Total	51.40±8.03	52.00±10.52	51.70±9.28
<i>F</i>	.024	.017	
<i>p</i>	.977	.984	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 60. The result of two-way repeated measures ANOVA for H:Q ratio of the right knee

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	6.936	2	3.468	.021	.980	.002
<i>Error</i>	2860.464	17	168.263			
Within Subject						
Period	3.715	1	3.715	.137	.716	.008
Group×Period	.555	2	.277	.010	.990	.001
<i>Error</i>	460.845	17	27.109			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우측 굴신 비율의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 59>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 60>과 같다. <Table 60>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.021, p=.980$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.137, p=.716$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.010, p=.990$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.024, p=.977$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.017, p=.984$ ).

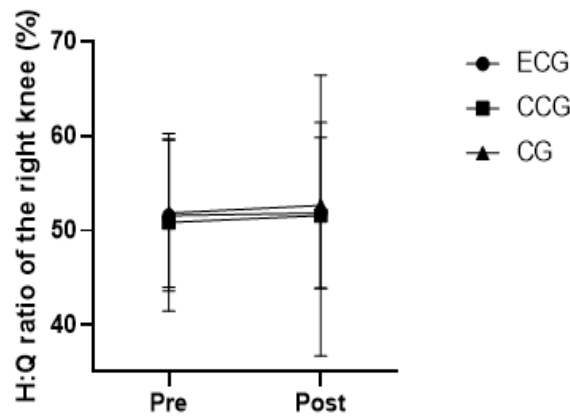


Figure 45. Change of H:Q ratio of the right knee after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(6) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌측 굴신 비율(H:Q ratio of the left knee)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌측 굴신 비율 변화 결과는 <Table 61>, <Table 62>, <Figure 46>과 같다.

Table 61. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for H:Q ratio of the left knee (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	51.71±8.62	52.00±4.00	51.86±6.31
CCG <sup>2</sup>	51.14±8.28	51.71±10.52	51.43±9.40
CG <sup>3</sup>	53.50±10.67	53.67±8.31	53.59±9.49
Total	52.05±8.72	52.40±7.67	52.23±8.20
<i>F</i>	.114	.108	
<i>p</i>	.893	.898	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 62. The result of two-way repeated measures ANOVA for H:Q ratio of the left knee

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	32.915	2	16.458	.158	.855	.018
<i>Error</i>	1769.560	17	104.092			
Within Subject						
Period	1.159	1	1.159	.026	.874	.002
Group×Period	.287	2	.143	.003	.997	.000
<i>Error</i>	760.988	17	44.764			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌측 굴신 비율의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 61>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 62>와 같다. <Table 62>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.158, p=.855$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.026, p=.874$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.003, p=.997$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.114, p=.893$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.108, p=.898$ ).

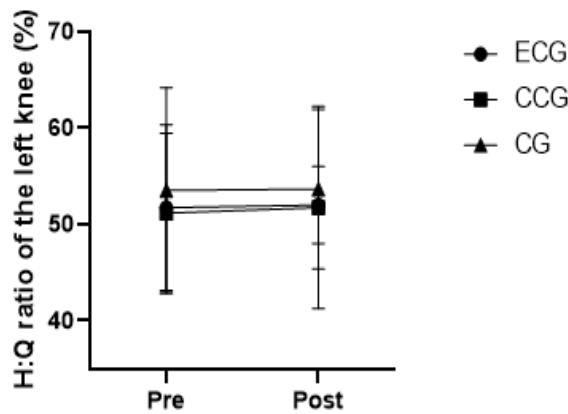


Figure 46. Change of H:Q ratio of the left knee after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(7) 수축 운동 방법에 따른 무릎 신근 결손율(Peak torque deficit in knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 신근 결손율 변화 결과는 <Table 63>, <Table 64>, <Figure 47>과 같다.

Table 63. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for peak torque deficit in knee extensor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	13.00±10.61	9.00±8.37	11.00±9.49
CCG <sup>2</sup>	7.57±5.22	7.14±5.08	7.36±5.15
CG <sup>3</sup>	11.17±8.93	13.83±14.23	12.50±11.58
Total	10.55±8.41	9.80±9.57	10.18±8.99
<i>F</i>	.730	.811	
<i>p</i>	.496	.461	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 64. The result of two-way repeated measures ANOVA for peak torque deficit in knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	185.561	2	92.780	.715	.503	.078
<i>Error</i>	2204.714	17	129.689			
Within Subject						
Period	3.431	1	3.431	.094	.763	.005
Group×Period	72.351	2	36.176	.989	.392	.104
<i>Error</i>	621.524	17	36.560			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 신근 결손율의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 63>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 64>와 같다. <Table 64>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.715, p=.503$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.094, p=.763$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.989, p=.392$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.730, p=.496$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.811, p=.461$ ).

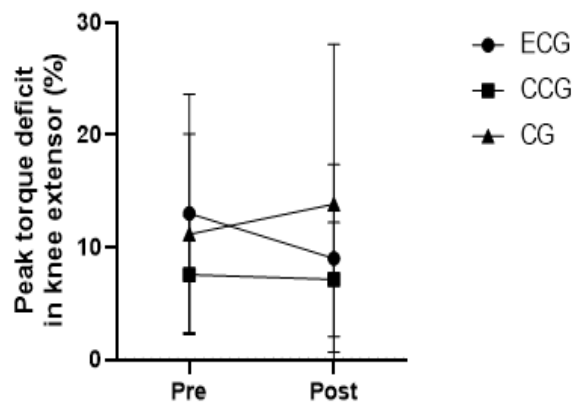


Figure 47. Change of peak torque deficit in knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(8) 수축 운동 방법에 따른 무릎 굴근 결손율(Peak torque deficit in knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 굴근 결손율 변화 결과는 <Table 65>, <Table 66>, <Figure 48>과 같다.

Table 65. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for peak torque deficit in knee flexor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	13.43±11.19	6.71±6.95	10.07±9.07
CCG <sup>2</sup>	11.57±8.26	19.29±9.46	15.43±8.86
CG <sup>3</sup>	13.50±14.83	13.00±14.21	13.25±14.52
Total	12.80±10.95	13.00±11.22	12.90±11.09
<i>F</i>	.061	2.560	
<i>p</i>	.941	.107	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 66. The result of two-way repeated measures ANOVA for peak torque deficit in knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	202.993	2	101.496	.615	.552	.068
<i>Error</i>	2803.607	17	164.918			
Within Subject						
Period	.276	1	.276	.004	.953	.000
Group×Period	366.421	2	183.211	2.407	.120	.221
<i>Error</i>	1294.179	17	76.128			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 굴근 결손율의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 65>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 66>과 같다. <Table 66>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.615$ ,  $p=.552$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.004$ ,  $p=.953$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.407$ ,  $p=.120$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.061$ ,  $p=.941$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.560$ ,  $p=.107$ ).

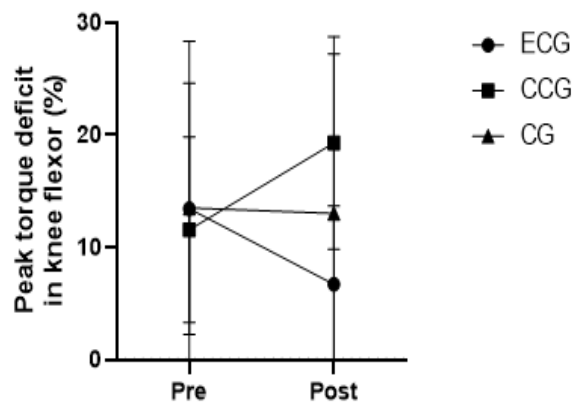


Figure 48. Change of peak torque deficit in knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(9) 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 우신근 관절각(Joint angle at peak torque in right knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 우신근 관절각 변화 결과는 <Table 67>, <Table 68>, <Figure 49>와 같다.

Table 67. The result of descriptive statistics and ANCOVA for joint angle at peak torque in right knee extensor (degrees)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	54.00±5.29	54.43±3.16	54.22±4.23
CCG <sup>2</sup>	63.29±6.92	60.71±8.12	62.00±7.52
CG <sup>3</sup>	61.00±5.48	63.00±5.76	62.00±5.62
Total	59.35±7.00	59.20±6.82	59.28±6.91
<i>F</i>	4.565	3.586	
<i>p</i>	.026	.050	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 68. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in right knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	551.618	2	275.809	5.403	.015	.389
<i>Error</i>	867.857	17	51.050			
Within Subject						
Period	.023	1	.023	.001	.974	.000
Group×Period	35.561	2	17.780	.843	.448	.090
<i>Error</i>	358.714	17	21.101			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 최대 토크에서의 무릎 우신근 관절각의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 67>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 68>과 같다. <Table 68>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으나( $F=5.403$ ,  $p=.015$ ), 시기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.001$ ,  $p=.974$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.843$ ,  $p=.448$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나 공분산 분석으로 사전변인을 통제하였으며, 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.350$ ,  $p=.287$ ).

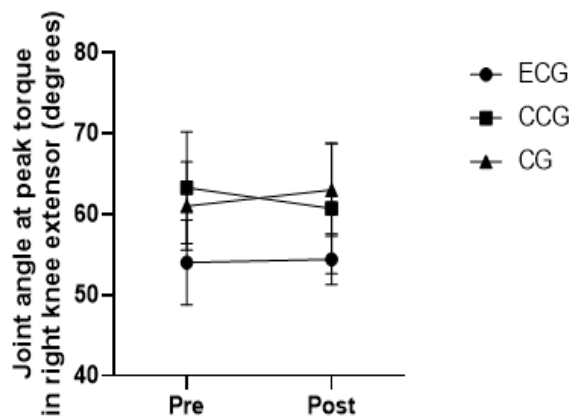


Figure 49. Change of joint angle at peak torque in right knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(10) 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 우굴근 관절각(Joint angle at peak torque in right knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 우굴근 관절각 변화 결과는 <Table 69>, <Table 70>, <Figure 50>과 같다.

Table 69. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in right knee flexor (degrees)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	53.14±9.55	47.14±10.29	50.14±9.92
CCG <sup>2</sup>	50.14±12.75	46.57±12.29	48.36±12.52
CG <sup>3</sup>	48.17±13.44	41.00±13.07	44.59±13.26
Total	50.60±11.49	45.10±11.56	47.85±11.53
<i>F</i>	.288	.516	
<i>p</i>	.753	.606	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 70. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in right knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	205.255	2	102.627	.588	.566	.065
<i>Error</i>	2966.845	17	174.520			
Within Subject						
Period	309.655	1	309.655	2.842	.110	.143
Group×Period	22.226	2	11.113	.102	.904	.012
<i>Error</i>	1852.274	17	108.957			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 최대 토크에서의 무릎 우굴근 관절각의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 69>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 70>과 같다. <Table 70>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.588, p=.566$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.842, p=.110$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.102, p=.904$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.288, p=.753$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.516, p=.606$ ).

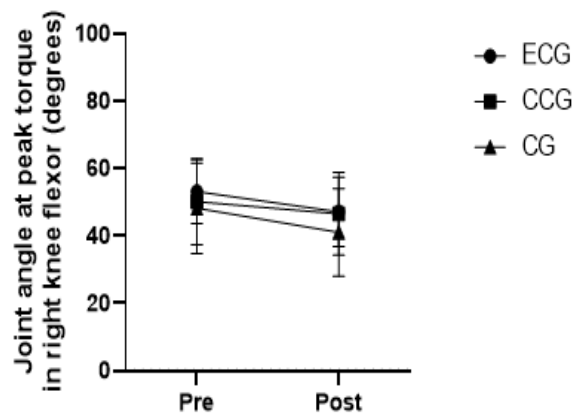


Figure 50. Change of joint angle at peak torque in right knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(11) 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 좌신근 관절각(Joint angle at peak torque in left knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 좌신근 관절각 변화 결과는 <Table 71>, <Table 72>, <Figure 51>과 같다.

Table 71. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in left knee extensor (degrees)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	53.86±9.08	57.86±4.63	55.86±6.86
CCG <sup>2</sup>	60.43±7.61	62.14±9.87	61.29±8.74
CG <sup>3</sup>	54.67±7.01	56.17±14.22	55.42±10.62
Total	56.40±8.16	58.85±9.87	57.63±9.02
<i>F</i>	1.382	.621	
<i>p</i>	.278	.549	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 72. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in left knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	289.887	2	144.943	1.116	.350	.116
<i>Error</i>	2207.988	17	129.882			
Within Subject						
Period	57.524	1	57.524	1.618	.221	.087
Group×Period	13.011	2	6.505	.183	.834	.021
<i>Error</i>	604.464	17	35.557			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 최대 토크에서의 무릎 좌신근 관절각의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 71>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 72>와 같다. <Table 72>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.116, p=.350$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.618, p=.221$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.183, p=.834$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.382, p=.278$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.621, p=.549$ ).

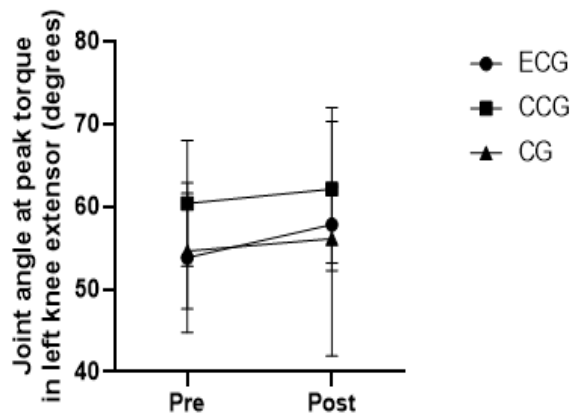


Figure 51. Change of joint angle at peak torque in left knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(12) 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 좌골근 관절각(Joint angle at peak torque in left knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 최대 토크에서의 무릎 좌골근 관절각 변화 결과는 <Table 73>, <Table 74>, <Figure 52>와 같다.

Table 73. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for joint angle at peak torque in left knee flexor (degrees)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	53.43±16.40	56.00±12.57	54.72±14.49
CCG <sup>2</sup>	47.71±15.02	38.57±8.73	43.14±11.88
CG <sup>3</sup>	36.83±7.39	47.50±23.76	42.17±15.58
Total	46.45±14.77	47.35±16.69	46.90±15.73
<i>F</i>	2.379	2.137	
<i>p</i>	.123	.149	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 74. The result of two-way repeated measures ANOVA for joint angle at peak torque in left knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1321.362	2	660.681	2.607	.103	.235
<i>Error</i>	4308.238	17	253.426			
Within Subject						
Period	18.536	1	18.536	.100	.756	.006
Group×Period	648.948	2	324.474	1.745	.204	.170
<i>Error</i>	3160.952	17	185.938			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 최대 토크에서의 무릎 좌굴근 관절각의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 73>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 74>와 같다. <Table 74>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.607, p=.103$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.100, p=.756$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.745, p=.204$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.379, p=.123$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.137, p=.149$ ).

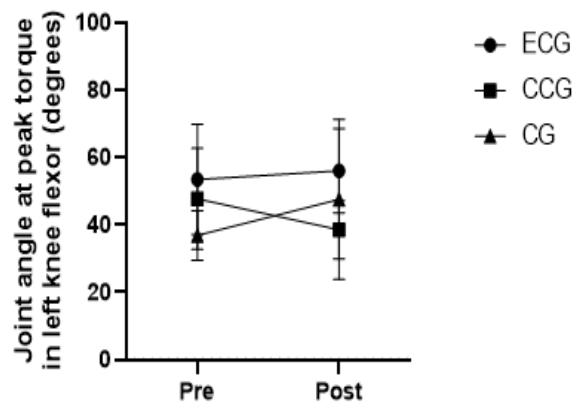


Figure 52. Change of joint angle at peak torque in left knee flexor after exercise ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

2) 무릎 근지구력(240°/sec)의 등속성 근기능(Knee isokinetic muscular function)

(1) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 피로 지수(Fatigue index in right knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 피로 지수 변화 결과는 <Table 75>, <Table 76>, <Figure 53>과 같다.

Table 75. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in right knee extensor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	-10.43±23.17	-25.43±34.59	-17.93±28.88
CCG <sup>2</sup>	4.57±14.31	2.29±15.25	3.43±14.78
CG <sup>3</sup>	7.50±11.01	0.83±14.53	4.17±12.77
Total	0.20±18.21	-7.85±26.12	-3.83±22.17
<i>F</i>	2.093	2.944	
<i>p</i>	.154	.080	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 76. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in right knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4287.751	2	2143.876	2.992	.077	.260
Error	12181.524	17	716.560			
Within Subject						
Period	634.108	1	634.108	4.313	.053	.202
Group×Period	291.094	2	145.547	.990	.392	.104
Error	2499.381	17	147.022			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우신근 피로 지수의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 75>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 76>과 같다. <Table 76>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.992$ ,  $p=.077$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=4.313$ ,  $p=.053$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=2.498$ ,  $p=.047$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.990$ ,  $p=.392$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.093$ ,  $p=.154$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.944$ ,  $p=.080$ ).

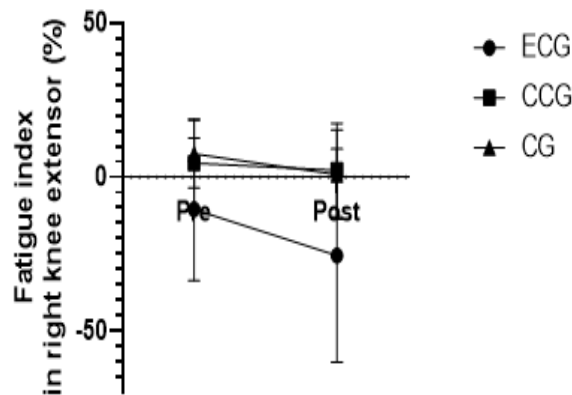


Figure 53. Change of fatigue index in right knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(2) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 피로 지수(Fatigue index in right knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 피로 지수 변화 결과는 <Table 77>, <Table 78>, <Figure 54>와 같다.

Table 77. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in right knee flexor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	-10.43±25.44	-8.57±25.09	-9.50±25.27
CCG <sup>2</sup>	3.14±13.99	16.71±11.13	9.93±12.56
CG <sup>3</sup>	12.17±13.57	15.83±12.24	14.00±12.91
Total	1.10±20.09	7.60±20.63	4.35±20.36
<i>F</i>	2.409	4.547	
<i>p</i>	.120	.026	
<i>Post-hoc</i>		1<3	

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 78. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in right knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4238.671	2	2119.336	4.833	.022	.362
<i>Error</i>	7455.429	17	438.555			
Within Subject						
Period	403.010	1	403.010	1.807	.197	.096
Group×Period	274.548	2	137.274	.615	.552	.068
<i>Error</i>	3791.952	17	223.056			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우굴근 피로 지수의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 77>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 78>과 같다. <Table 78>의 결과를 보면, 집단 간에서 유의한 차이가 나타났으나( $F=4.833, p=.022$ ), 시기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.807, p=.197$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.615, p=.552$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.409, p=.120$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=4.547, p=.026$ ). 사후검증 결과, ECG보다 CG가 높은 결과를 보이며, 무릎 우굴근 피로 지수는 통제 집단이 유의하게 높은 결과를 보였다.

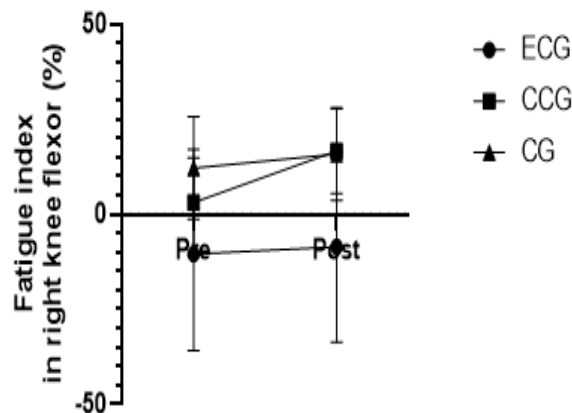


Figure 54. Change of fatigue index in right knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(3) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 피로 지수(Fatigue index in left knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 피로 지수 변화 결과는 <Table 79>, <Table 80>, <Figure 55>와 같다.

Table 79. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in left knee extensor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	-17.43±21.85	-21.00±17.63	-19.22±19.74
CCG <sup>2</sup>	-6.00±21.53	-0.14±13.90	-3.07±17.72
CG <sup>3</sup>	6.33±12.79	-3.67±16.48	1.33±14.64
Total	-6.30±20.89	-8.50±17.92	-7.40±19.41
<i>F</i>	2.400	3.343	
<i>p</i>	.121	.060	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 80. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in left knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	3131.648	2	1565.824	2.864	.085	.252
<i>Error</i>	9295.952	17	546.821			
Within Subject						
Period	65.774	1	65.774	.723	.407	.041
Group×Period	416.314	2	208.157	2.287	.132	.212
<i>Error</i>	1547.286	17	91.017			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌신근 피로 지수의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 79>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 80>과 같다. <Table 80>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.864$ ,  $p=.085$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.723$ ,  $p=.407$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.287$ ,  $p=.132$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.400$ ,  $p=.121$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=3.343$ ,  $p=.060$ ).

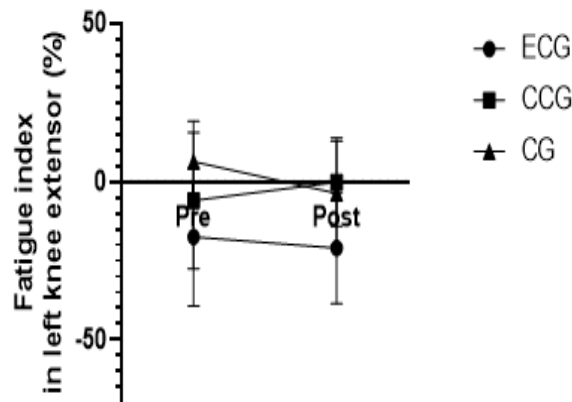


Figure 55. Change of fatigue index in left knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(4) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 피로 지수(Fatigue index in left knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 피로 지수 변화 결과는 <Table 81>, <Table 82>, <Figure 56>과 같다.

Table 81. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for fatigue index in left knee flexor (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	-2.29±11.51	-1.86±29.74	-2.08±20.63
CCG <sup>2</sup>	6.71±19.23	10.29±12.30	8.50±15.77
CG <sup>3</sup>	13.67±18.41	10.83±15.29	12.25±16.85
Total	5.65±17.08	6.20±20.63	5.93±18.86
<i>F</i>	1.506	.806	
<i>p</i>	.250	.463	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 82. The result of two-way repeated measures ANOVA for fatigue index in left knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1468.096	2	734.048	1.457	.260	.146
<i>Error</i>	8562.179	17	503.658			
Within Subject						
Period	1.504	1	1.504	.007	.933	.000
Group×Period	66.344	2	33.172	.160	.854	.018
<i>Error</i>	3531.131	17	207.714			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌골근 피로 지수의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 81>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 82>와 같다. <Table 82>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.457$ ,  $p=.260$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.007$ ,  $p=.933$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.160$ ,  $p=.854$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.506$ ,  $p=.250$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.806$ ,  $p=.463$ ).

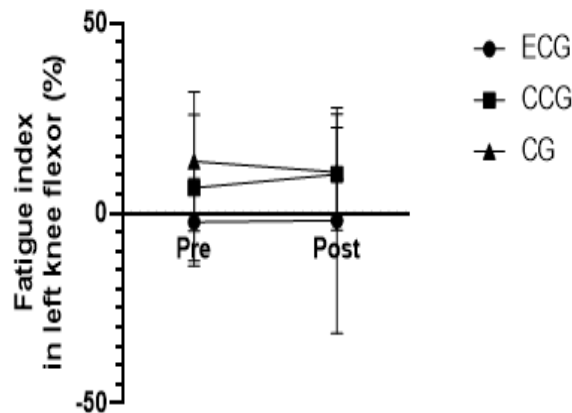


Figure 56. Change of fatigue index in left knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(5) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 총 일량(Total work done in right knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 총 일량 변화 결과는 <Table 83>, <Table 84>, <Figure 57>과 같다.

Table 83. The result of descriptive statistics and ANCOVA for total work done in right knee extensor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	1248.43±214.35	1732.14±300.37	1490.29±257.36
CCG <sup>2</sup>	1524.00±211.71	1760.43±312.47	1642.22±262.09
CG <sup>3</sup>	1777.17±345.71	1749.17±245.72	1763.17±295.72
Total	1503.50±328.47	1747.15±274.52	1625.33±301.50
<i>F</i>	6.755	.017	
<i>p</i>	.007	.983	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 84. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in right knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	487295.894	2	243647.947	2.030	.162	.193
<i>Error</i>	2040287.381	17	120016.905			
Within Subject						
Period	529489.286	1	529489.286	16.954	.001	.499
Group×Period	423271.704	2	211635.852	6.777	.007	.444
<i>Error</i>	530920.571	17	31230.622			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우신근 총 일량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 83>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 84>와 같다. <Table 84>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=2.030$ ,  $p=.162$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=16.954$ ,  $p=.001$ ). 그리고 대응표본  $t$ -검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-4.995$ ,  $p=.002$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=6.777$ ,  $p=.007$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나 공분산 분석으로 사전변인을 통제하였으며, 운동 프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.716$ ,  $p=.211$ ).

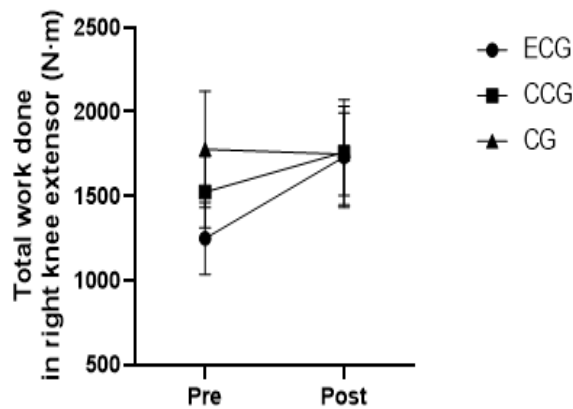


Figure 57. Change of total work done in right knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(6) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 총 일량(Total work done in right knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 총 일량 변화 결과는 <Table 85>, <Table 86>, <Figure 58>과 같다.

Table 85. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in right knee flexor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	625.86±252.35	751.43±272.24	688.65±262.30
CCG <sup>2</sup>	737.29±190.47	834.71±196.58	786.00±193.53
CG <sup>3</sup>	926.83±187.51	862.83±236.95	894.83±212.23
Total	755.15±237.50	814.00±229.65	784.58±233.58
<i>F</i>	3.245	.397	
<i>p</i>	.064	.678	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 86. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in right knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	274752.894	2	137376.447	1.653	.221	.163
<i>Error</i>	1412427.381	17	83083.964			
Within Subject						
Period	27942.158	1	27942.158	1.482	.240	.080
Group×Period	66066.561	2	33033.280	1.753	.203	.171
<i>Error</i>	320427.714	17	18848.689			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우굴근 총 일량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 85>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 86>과 같다. <Table 86>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.653$ ,  $p=.221$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.482$ ,  $p=.240$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-2.812$ ,  $p=.031$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.753$ ,  $p=.203$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.245$ ,  $p=.064$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.397$ ,  $p=.678$ ).

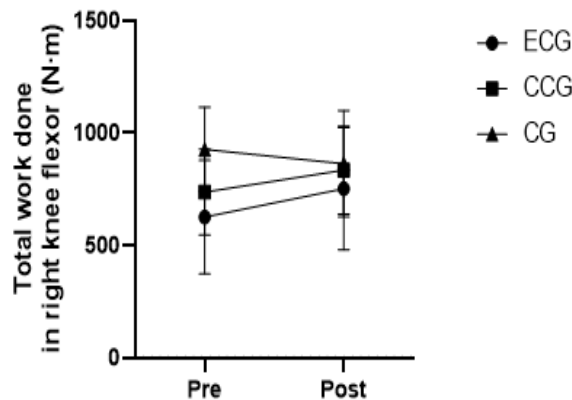


Figure 58. Change of total work done in right knee flexor after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(7) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 총 일량(Total work done in left knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 총 일량 변화 결과는 <Table 87>, <Table 88>, <Figure 59>와 같다.

Table 87. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in left knee extensor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	1348.00±365.45	1629.57±200.55	1488.79±283.00
CCG <sup>2</sup>	1502.86±278.59	1708.43±356.80	1605.65±317.70
CG <sup>3</sup>	1758.00±254.75	1706.67±308.68	1732.34±281.72
Total	1525.20±335.60	1680.30±281.85	1602.75±308.73
<i>F</i>	2.929	.159	
<i>p</i>	.081	.854	
<i>Post-hoc</i>			

Mean±Standard Deviation

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 88. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in left knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	383449.262	2	191724.631	1.296	.299	.132
<i>Error</i>	2514778.238	17	147928.132			
Within Subject						
Period	209922.566	1	209922.566	6.392	.022	.273
Group×Period	192742.519	2	96371.260	2.935	.080	.257
<i>Error</i>	558291.381	17	32840.669			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌신근 총 일량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 87>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 88>과 같다. <Table 88>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.296, p=.299$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=6.392, p=.022$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-2.957, p=.025$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.935, p=.080$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.929, p=.081$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.159, p=.854$ ).

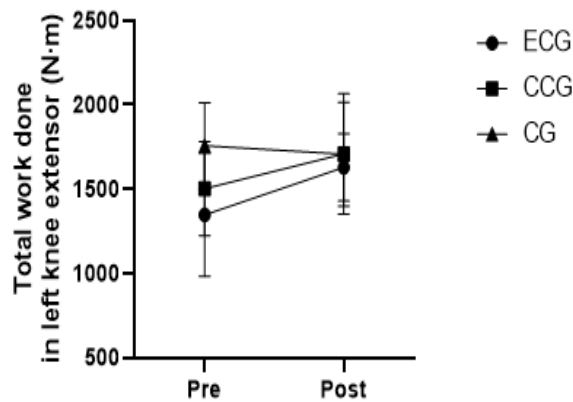


Figure 59. Change of total work done in left knee extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(8) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 총 일량(Total work done in left knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 총 일량 변화 결과는 <Table 89>, <Table 90>, <Figure 60>과 같다.

Table 89. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for total work done in left knee flexor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	673.00±331.67	706.43±234.79	689.72±283.23
CCG <sup>2</sup>	716.57±209.67	866.14±241.16	791.36±225.42
CG <sup>3</sup>	951.00±276.06	859.00±282.64	905.00±279.35
Total	771.65±289.03	808.10±250.33	789.88±269.68
<i>F</i>	1.839	.878	
<i>p</i>	.189	.434	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 90. The result of two-way repeated measures ANOVA for total work done in left knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	299526.304	2	149763.152	1.408	.272	.142
<i>Error</i>	1808066.571	17	106356.857			
Within Subject						
Period	9152.684	1	9152.684	.270	.610	.016
Group×Period	94317.761	2	47158.880	1.392	.275	.141
<i>Error</i>	575871.714	17	33874.807			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌골근 총 일량의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 89>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 90>과 같다. <Table 90>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.408$ ,  $p=.272$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.270$ ,  $p=.610$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, CCG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-3.045$ ,  $p=.023$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.392$ ,  $p=.275$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.839$ ,  $p=.189$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.878$ ,  $p=.434$ ).

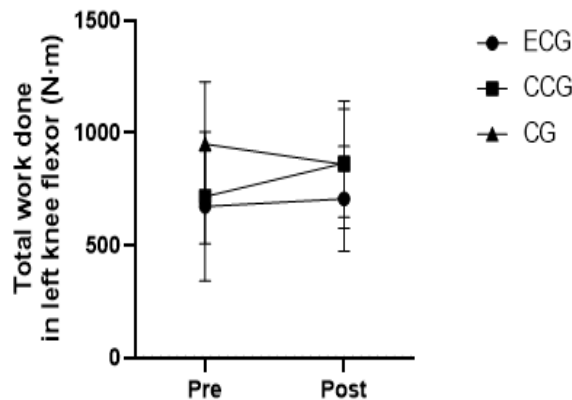


Figure 60. Change of total work done in left knee flexor after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(9) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 평균 파워(Average power per repetition in right knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우신근 평균 파워 변화 결과는 <Table 91>, <Table 92>, <Figure 61>과 같다.

Table 91. The result of descriptive statistics and ANCOVA for average power per repetition in right knee extensor (W)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	142.71±32.40	191.86±33.42	167.29±32.91
CCG <sup>2</sup>	171.71±21.11	203.86±32.60	187.79±26.86
CG <sup>3</sup>	207.17±37.89	195.67±21.47	201.42±29.68
Total	172.20±39.45	197.20±28.93	184.70±34.19
<i>F</i>	7.066	.290	
<i>p</i>	.006	.752	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 92. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in right knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	7732.269	2	3866.135	3.209	.066	.274
<i>Error</i>	20484.131	17	1204.949			
Within Subject						
Period	5382.682	1	5382.682	8.285	.010	.328
Group×Period	6215.393	2	3107.696	4.783	.022	.360
<i>Error</i>	11044.607	17	649.683			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우신근 평균 파워의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 91>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 92>와 같다. <Table 92>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=3.209, p=.066$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=8.285, p=.010$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $t=-3.607, p=.011$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=4.783, p=.022$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나 공분산 분석으로 사전변인을 통제하였으며, 운동 프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.508, p=.611$ ).

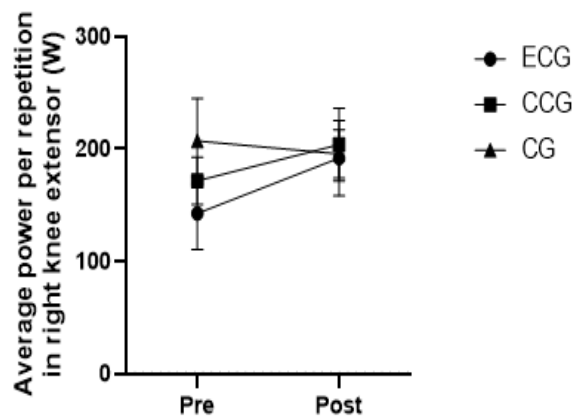


Figure 61. Change of average power per repetition in right knee extensor after exercise ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(10) 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 평균 파워(Average power per repetition in right knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 우굴근 평균 파워 변화 결과는 <Table 93>, <Table 94>, <Figure 62>와 같다.

Table 93. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in right knee flexor (W)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	86.43±26.66	96.29±26.71	91.36±26.69
CCG <sup>2</sup>	92.14±23.06	111.86±21.61	102.00±22.34
CG <sup>3</sup>	122.50±30.41	106.17±26.69	114.34±28.55
Total	99.25±29.76	104.70±24.62	101.98±27.19
<i>F</i>	3.341	.692	
<i>p</i>	.060	.514	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 94. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in right knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	3411.094	2	1705.547	1.922	.177	.184
<i>Error</i>	15088.381	17	887.552			
Within Subject						
Period	193.694	1	193.694	.431	.520	.025
Group×Period	2203.665	2	1101.833	2.453	.116	.224
<i>Error</i>	7636.810	17	449.224			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 우굴근 평균 파워의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 93>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 94>와 같다. <Table 94>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.922$ ,  $p=.177$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.431$ ,  $p=.520$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.453$ ,  $p=.116$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.341$ ,  $p=.060$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.692$ ,  $p=.514$ ).

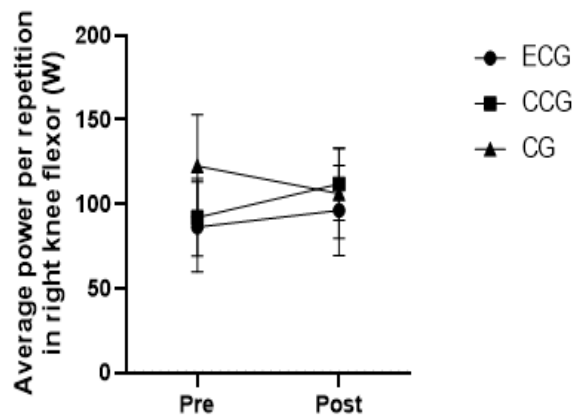


Figure 62. Change of average power per repetition in right knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(11) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 평균 파워(Average power per repetition in left knee extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌신근 평균 파워 변화 결과는 <Table 95>, <Table 96>, <Figure 63>과 같다.

Table 95. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in left knee extensor (W)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	148.71±41.42	181.43±21.37	165.07±31.40
CCG <sup>2</sup>	165.71±21.16	194.57±39.55	180.14±30.36
CG <sup>3</sup>	196.50±31.09	184.83±31.63	190.67±31.36
Total	169.00±36.50	187.05±30.59	178.03±33.55
<i>F</i>	3.576	.321	
<i>p</i>	.051	.730	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 96. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in left knee extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4329.665	2	2164.833	1.354	.285	.137
<i>Error</i>	27179.810	17	1598.812			
Within Subject						
Period	2752.642	1	2752.642	6.031	.025	.262
Group×Period	3810.665	2	1905.333	4.175	.034	.329
<i>Error</i>	7758.810	17	456.401			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌신근 평균 파워의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 95>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 96>과 같다. <Table 96>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $F=1.354, p=.285$ ), 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $F=6.031, p=.025$ ). 그리고 대응표본 t-검정으로 집단 내 변화를 확인한 결과, ECG( $t=-2.685, p=.036$ )와 CCG( $t=-3.120, p=.021$ )에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타났다( $F=4.175, p=.034$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.576, p=.051$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.321, p=.730$ ).

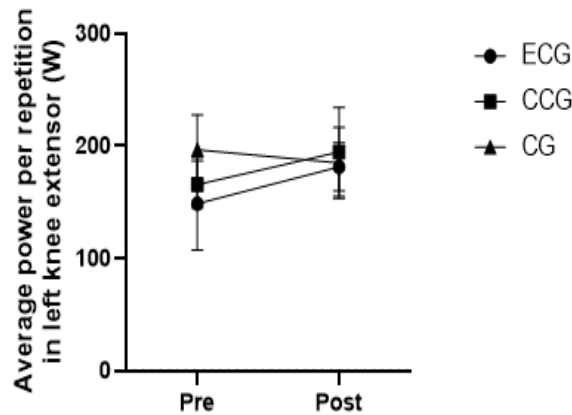


Figure 63. Change of average power per repetition in left knee extensor after exercise  
 ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(12) 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 평균 파워(Average power per repetition in left knee flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 무릎 좌골근 평균 파워 변화 결과는 <Table 97>, <Table 98>, <Figure 64>와 같다.

Table 97. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for average power per repetition in left knee flexor (W)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	86.14±38.91	98.86±19.50	92.50±29.21
CCG <sup>2</sup>	97.86±23.85	110.14±25.31	104.00±24.58
CG <sup>3</sup>	126.17±36.76	106.67±30.42	116.42±33.59
Total	102.25±36.01	105.15±24.30	103.70±30.16
<i>F</i>	2.377	.368	
<i>p</i>	.123	.697	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 98. The result of two-way repeated measures ANOVA for average power per repetition in left knee flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	3697.983	2	1848.992	1.493	.253	.149
<i>Error</i>	21056.417	17	1238.613			
Within Subject						
Period	33.434	1	33.434	.064	.804	.004
Group×Period	2150.721	2	1075.361	2.044	.160	.194
<i>Error</i>	8945.179	17	526.187			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 무릎 좌굴근 평균 파워의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 97>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 98>과 같다. <Table 98>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.493$ ,  $p=.253$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.064$ ,  $p=.804$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.044$ ,  $p=.160$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.377$ ,  $p=.123$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.368$ ,  $p=.697$ ).

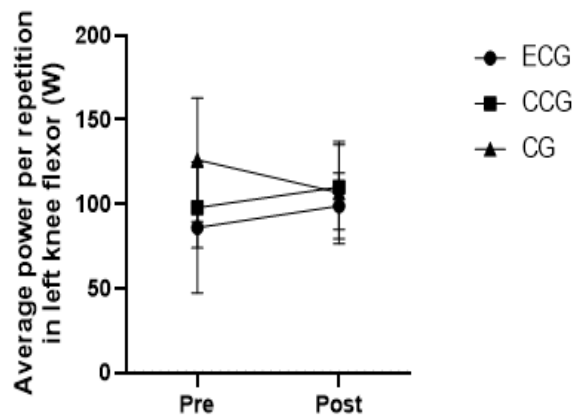


Figure 64. Change of average power per repetition in left knee flexor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

3) 허리 근력(30°/sec)의 등속성 근기능(Trunk isokinetic muscle function)

(1) 수축 운동 방법에 따른 허리 굴근 최대 토크 절대값(Absolute value of peak torque in trunk flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 허리 굴근 최대 토크 절대값 변화 결과는 <Table 99>, <Table 100>, <Figure 65>와 같다.

Table 99. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for absolute value of peak torque in trunk flexor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	272.86±45.46	280.43±33.92	276.65±39.69
CCG <sup>2</sup>	282.57±20.14	289.57±20.35	286.07±20.25
CG <sup>3</sup>	307.67±29.90	320.67±29.06	314.17±29.48
Total	286.70±35.10	295.70±31.83	291.20±33.47
<i>F</i>	1.805	3.520	
<i>p</i>	.195	.053	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group

Table 100. The result of two-way repeated measures ANOVA for absolute value of peak torque in trunk flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	9664.590	2	4832.295	3.291	.062	.279
<i>Error</i>	24958.810	17	1468.165			
Within Subject						
Period	840.203	1	840.203	1.796	.198	.096
Group×Period	69.143	2	34.571	.074	.929	.009
<i>Error</i>	7953.857	17	467.874			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 허리 굴근 최대 토크 절대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 99>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 100>과 같다. <Table 100>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.291$ ,  $p=.062$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.796$ ,  $p=.198$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.074$ ,  $p=.929$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.805$ ,  $p=.195$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=3.520$ ,  $p=.053$ ).

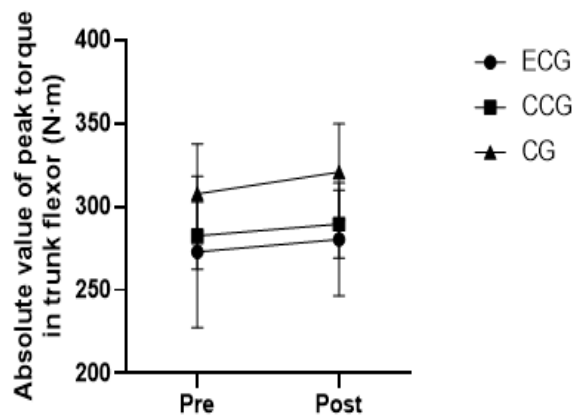


Figure 65. Change of absolute value of peak torque in trunk flexor after exercise ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(2) 수축 운동 방법에 따른 허리 굴근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in trunk flexor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 허리 굴근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 101>, <Table 102>, <Figure 66>과 같다.

Table 101. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in trunk flexor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	378.86±41.29	390.29±45.04	384.58±43.17
CCG <sup>2</sup>	402.86±27.97	410.29±24.51	406.58±26.24
CG <sup>3</sup>	399.67±43.46	412.00±19.32	405.84±31.39
Total	393.50±37.50	403.80±32.13	398.65±34.82
<i>F</i>	.817	.952	
<i>p</i>	.458	.405	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 102. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in trunk flexor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	4272.576	2	2136.288	1.236	.315	.127
<i>Error</i>	29388.524	17	1728.737			
Within Subject						
Period	1075.251	1	1075.251	1.449	.245	.079
Group×Period	45.719	2	22.860	.031	.970	.004
<i>Error</i>	12619.381	17	742.317			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 허리 굴근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 101>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 102>와 같다. <Table 102>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.236$ ,  $p=.315$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.449$ ,  $p=.245$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.031$ ,  $p=.970$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.817$ ,  $p=.458$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.952$ ,  $p=.405$ ).

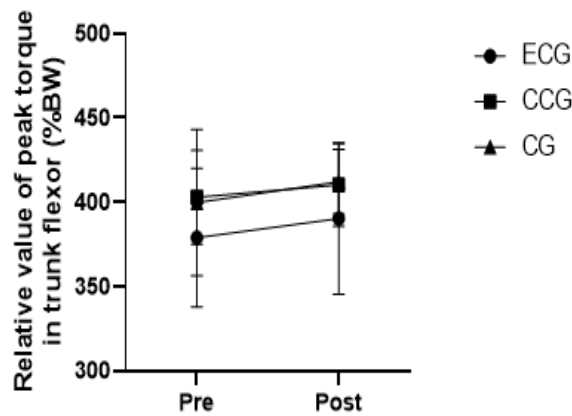


Figure 66. Change of relative value of peak torque in trunk flexor after exercise ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group

(3) 수축 운동 방법에 따른 허리 신근 최대 토크 절대값(Absolute value of peak torque in trunk extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 허리 신근 최대 토크 절대값 변화 결과는 <Table 103>, <Table 104>, <Figure 67>과 같다.

Table 103. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for absolute value of peak torque in trunk extensor (N·m)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	235.14±62.53	258.57±76.76	246.86±69.65
CCG <sup>2</sup>	276.71±52.95	293.43±59.98	285.07±56.47
CG <sup>3</sup>	320.50±73.20	283.00±34.11	301.75±53.66
Total	275.30±69.07	278.10±59.48	276.70±64.28
<i>F</i>	2.986	.604	
<i>p</i>	.077	.558	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 104. The result of two-way repeated measures ANOVA for absolute value of peak torque in trunk extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	20979.507	2	10489.754	1.587	.233	.157
<i>Error</i>	112384.893	17	6610.876			
Within Subject						
Period	7.720	1	7.720	.008	.932	.000
Group×Period	7039.279	2	3519.639	3.431	.056	.288
<i>Error</i>	17440.321	17	1025.901			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 허리 신근 최대 토크 절대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 103>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 104>와 같다. <Table 104>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.587, p=.233$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.008, p=.932$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=3.431, p=.056$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.986, p=.077$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.604, p=.558$ ).

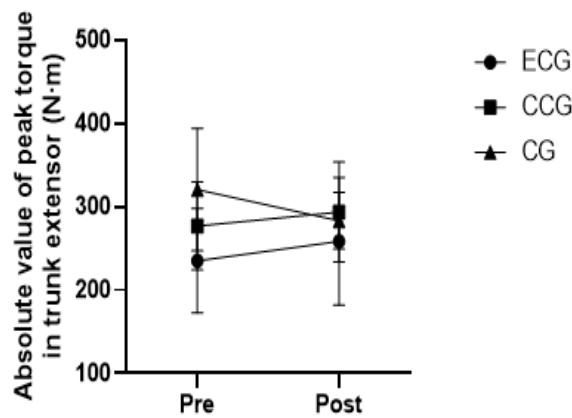


Figure 67. Change of absolute value of peak torque in trunk extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(4) 수축 운동 방법에 따른 허리 신근 최대 토크 상대값(Relative value of peak torque in trunk extensor)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 허리 신근 최대 토크 상대값 변화 결과는 <Table 105>, <Table 106>, <Figure 68>과 같다.

Table 105. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of peak torque in trunk extensor (%BW)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	324.00±63.13	353.86±78.43	338.93±70.78
CCG <sup>2</sup>	392.43±52.80	414.00±68.02	403.22±60.41
CG <sup>3</sup>	412.50±76.45	365.17±45.57	388.84±61.01
Total	374.50±72.05	378.30±68.51	376.40±70.28
<i>F</i>	3.500	1.601	
<i>p</i>	.053	.231	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 106. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of peak torque in trunk extensor

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	31578.648	2	15789.324	2.301	.131	.213
<i>Error</i>	116665.952	17	6862.703			
Within Subject						
Period	18.536	1	18.536	.011	.917	.001
Group×Period	11325.648	2	5662.824	3.408	.057	.286
<i>Error</i>	28244.952	17	1661.468			

신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 허리 신근 최대 토크 상대값의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 105>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 106>과 같다. <Table 106>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=2.301$ ,  $p=.131$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.011$ ,  $p=.917$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=3.408$ ,  $p=.057$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=3.500$ ,  $p=.053$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.601$ ,  $p=.231$ ).

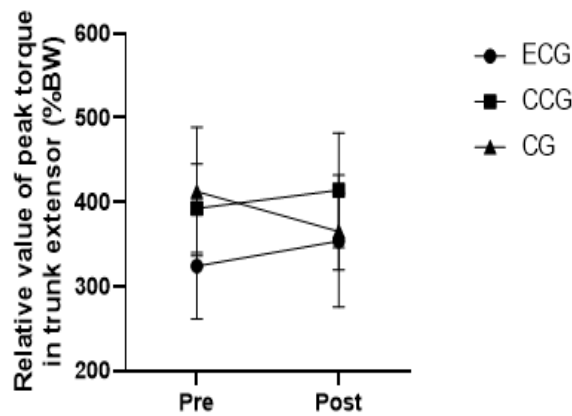


Figure 68. Change of relative value of peak torque in trunk extensor after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

(5) 수축 운동 방법에 따른 허리 굴신 비율(Relative value of F:E ratio in trunk)의 변화

단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 허리 굴신 비율 변화 결과는 <Table 107>, <Table 108>, <Figure 69>와 같다.

Table 107. The result of descriptive statistics and one-way ANOVA for relative value of F:E ratio in trunk (%)

Group	Pre	Post	Total
ECG <sup>1</sup>	121.57±31.88	115.43±31.10	118.50±31.49
CCG <sup>2</sup>	104.57±16.89	101.86±18.97	103.22±17.93
CG <sup>3</sup>	99.83±21.52	114.33±14.21	107.08±17.87
Total	109.10±25.00	110.35±22.65	109.73±23.83
<i>F</i>	1.467	.740	
<i>p</i>	.258	.492	
<i>Post-hoc</i>			

*Mean±Standard Deviation*

*ECG<sup>1</sup>, eccentric contraction group; CCG<sup>2</sup>, concentric contraction group; CG<sup>3</sup>, control group*

Table 108. The result of two-way repeated measures ANOVA for relative value of F:E ratio in trunk

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1755.201	2	877.601	.986	.393	.104
<i>Error</i>	15128.274	17	889.898			
Within Subject						
Period	35.194	1	35.194	.151	.703	.009
Group×Period	772.982	2	386.491	1.657	.220	.163
<i>Error</i>	3965.893	17	233.288			



신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 참여 후 허리 굴신 비율의 기술통계와 일원배치 분산분석 결과는 <Table 107>에 제시하였으며, 집단과 시기 간에 대한 상호작용의 효과를 확인한 이원변량 반복측정 분산분석 결과는 <Table 108>과 같다. <Table 108>의 결과를 보면, 집단 간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=.986, p=.393$ ), 시기에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.151, p=.703$ ). 또한, 집단과 시기 간 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=1.657, p=.220$ ). 집단 간 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 운동프로그램을 적용하기 전 유의한 차이가 나타나지 않았으며( $F=1.467, p=.258$ ), 운동프로그램 참여 후 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=.740, p=.492$ ).

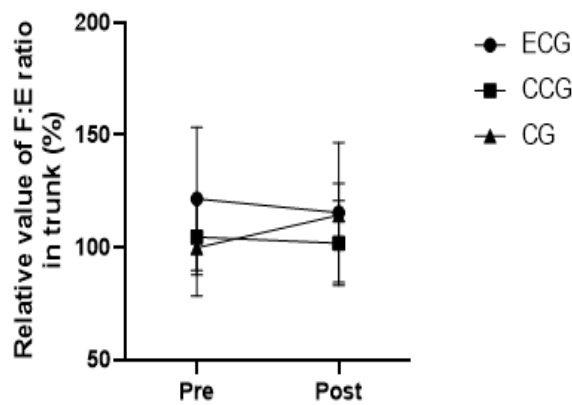


Figure 69. Change of relative value of F:E ratio in trunk after exercise  
*ECG, eccentric contraction group; CCG, concentric contraction group; CG, control group*

## V. 논 의

본 연구는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였다. 수축 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 적용 후 확인한 본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

### 1. 신체구성 (Body composition)의 변화

인간의 신체는 크게 수분, 단백질, 지방 및 무기질 등의 요소로 구성되어 있으며, 이와 같은 다양한 유형의 분자나 원소, 또는 조직과 기관의 비율을 일컫는 것이 신체구성이다. 신체구성은 연령의 증가와 함께 신체활동 등에 의한 골격근량 및 체지방량의 증감 등을 이유로 변화한다(Kuk et al., 2009; Kuriyan, 2018). 이때 체중, 체지방량 및 체지방률이 감소하고 골격근량을 포함한 체지방량이 증가하는 것을 이상적인 신체구성의 변화라고 하며, 성공적인 개선은 신체활동을 통해 칼로리의 소비를 증가시킴으로써 이루어진다(Fox & Mathews, 1981; Dengel et al., 1994). 운동은 에너지 소비를 증가시키는 대표적인 방법으로, 지속적인 운동 참여는 체지방량 감소 및 체지방 체중 증가는 물론 기초대사량 증대와 체력 증진을 통해 에너지 소비량을 증가시킨다(Bellicha et al., 2021). 여러 형태의 운동 중에서도 저항성 운동은 골격근 및 신경근을 자극하여 근력 강화나 근육 크기 증가에 효과적이며 (Schwartz & Evans, 1995; Grgic et al., 2020), 이를 통한 근육량의 증가는 곧 기초대사량을 높임으로써 체지방 감소와 체지방량 증가 등을 촉진시킨다(Ho et al., 2012; Oppert et al., 2021; Lopez et al., 2022).

이에 본 연구에서 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 신체구성의 변화를 알아본 결과, 체지방량은 집단 간 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증을 통해 CG보다 CCG에서 유의하게 감소한 것으로

확인하였다. 또한, 골격근량은 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 18~20세 남학생을 대상으로 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동을 적용한 Asai et al. (2018)의 연구에 따르면 단축성 수축 운동이 다양한 신체 부위의 체지방을 전반적으로 감소시켰다고 보고하였으며, Paulus et al. (2019)의 연구에서는 신장성 수축 운동보다 단축성 수축 운동이 심혈관 및 대사 시스템에 대한 스트레스를 더 유발한다고 보고하였다. 이와 같은 측면에서 선행연구는 본 연구의 결과와 일치한다. 이러한 원인은 근육이 수축하는 과정에서 액틴과 마이오신이 슬라이딩 결합을 하기 위해 생명체를 가동시키는 화학 에너지인 아데노신 3인산(adenosine triphosphate, ATP)을 계속적으로 필요로 하는데, 짧은 근절에서의 단축성 수축 운동이 근육의 부하와 에너지의 소모를 증가시키고 신체의 대사를 촉진 시켰기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 체중, 체질량지수, 체지방률에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 대상자 개개인의 영양학적 요인을 동일하게 통제하지 못해 체지방량과 골격근량을 제외한 신체구성 변인에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 또한, 개인 사정으로 인해 수면량이 부족하여 어려움을 호소하는 대상자가 많았다. 따라서 추후 연구에서는 신체구성의 보다 큰 변화를 위해 식습관 및 섭취량을 완벽하게 통제하고, 충분한 수면을 취할 수 있도록 유도할 필요가 있다고 생각된다.

## 2. 신체둘레 (Body circumference)의 변화

신체둘레란 말 그대로 신체의 둘레를 의미하며, 이를 측정함으로써 근육의 발달과 체지방의 추정, 대사성 질환으로 부터의 위험 예측, 전신의 영양 상태 확인 등이 가능하다. 신체둘레는 온도, 습도, 압력 등 측정을 하는 과정 중 주변 환경에 영향을 받지 않아 측정값의 오차범위가 적으며, 측정 도구는 인체측정용 줄자로 편리성이 높음과 동시에 비교적 저가의 장비를 사용하여 경제성과 현장 적용 가능성이 높다. 다양한 신체둘레 측정 방법 중 허리 둘레를 엉덩이 둘레로 나눈 값인 허리 엉덩이 비율(waist hip ratio, WHR)이 가장 많이 언급되며, 전통적으로 체지방 분포를 평가하고 복부지방의 비율이 더 높은 사람들을 식별하는데 이용되는 간단한 측정 방법이다. 선행연구에 따르면 최근 들어 허리, 엉덩이 및 대퇴 둘레의 감소는 제2형

당뇨병이나 심혈관 질환 등 성인병과 관련성이 있는 것으로 알려져 있으며, 더 나아가 조기 사망률과의 관련 인자로 다루어지는 등 현대에서 신체둘레는 인체의 상태를 예측하고 질병을 예방하는 지표로써 주목을 받고 있다(Chuang et al., 2006; Heitmann & Frederiksen, 2009; Li et al., 2010; You et al., 2022).

이에 본 연구에서 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 신체둘레의 변화를 알아본 결과, 좌측 대퇴 중앙 둘레와 우측 종아리 둘레는 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 훈련 받지 않은 성인 여성을 대상으로 다양한 장주기 저항 훈련 프로그램을 24주간 적용한 Kraemer et al. (2004)의 연구에 따르면 저항 훈련 프로그램이 근육 조직의 발달과 비대를 유도하였다고 보고하였으며, 저항 훈련이 건강한 성인의 근력 및 근비대에 미치는 효과를 비교한 Currier et al. (2023)의 메타분석 연구에서는 저항 훈련이 근력의 증가와 비대를 촉진 시켰다고 보고하였다. 이와 같은 측면에서 선행연구는 본 연구의 결과와 일치한다. 이러한 원인은 저항성 운동 후 대사의 활성화와 함께 세포 내 신호가 전달되는 과정(signalling pathways) 중 근육 단백질의 합성을 유도하는 신호전달의 빈도가 잦게 발생하여 결과적으로 근비대를 유도한 것으로 생각된다. 그러나 가슴 둘레, 엉덩이 둘레, 우측 대퇴 중앙 둘레, 좌측 종아리 둘레에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 대상자의 영양학적 요인과 함께, 4주라는 비교적 짧은 기간이 근비대를 유도하기에는 어려움이 있어 좌측 대퇴 중앙 둘레와 우측 종아리 둘레를 제외한 신체둘레 변인에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 따라서 추후 연구에서는 장기간의 운동 적용에서 얻을 수 있는 효과를 얻음과 동시에 근 합성을 유도하기 위해 완벽한 통제를 통한 충분한 영양 섭취와 더불어 8주 이상의 중·장 기간 운동프로그램을 적용할 필요가 있다고 생각된다.

### 3. 건강 및 기술 관련 체력(Health- and skill-related physical fitness)의 변화

체력은 활기찬 일상생활을 영위하는데 기본이 되며, 건강한 몸과 마음을 유지하는 것과 동시에 인간의 삶의 질을 결정하는 절대적인 요소이다. 다시 말해, 단지 질병이 없는 소극적인 상태의 건강이 아닌, 신체활동을 수행하며 활동적으로 생활

할 수 있는 능동적인 상태의 건강이 체력이다. 이러한 체력은 성인병 예방 또는 건강 증진과 밀접한 관계를 가진 건강 관련 체력과 스포츠 상황에서 기술 발휘의 바탕이 되는 기술 관련 체력으로 분류할 수 있다(문화관광부, 1998). 현대사회에서 좌식생활 및 자동화된 근무환경으로 인해 제한된 활동 범위와 이동수단 발달에 따른 움직임의 필요성 감소는 체력 저하를 초래하는 가장 큰 원인으로 작용하고 있으며, 이는 결국 고혈압, 당뇨병, 심장병, 뇌졸중, 암 등과 같은 성인병 유발로 이어진다. 또한, 2019년 코로나19 확산 이후 사회적 접촉이 크게 줄어들고 마스크 착용 등 위생 수칙이 강화 됨에 따라 신체활동이 어려워진 것도 하나의 원인이다(Lippi et al., 2020). 이처럼 체력 저하의 결과인 건강상의 문제점들이 심각한 사회 문제로 대두되면서, 운동을 통한 체력 향상이 건강 증진과 질병 예방의 가장 효율적인 방안으로 부각 되고 있다(Myers et al., 2002; 한국체육과학연구원, 2013; 문화체육관광부, 2017; Filgueira et al., 2021). ACSM에서도 권고하는 저항성 운동의 규칙적인 수행은 건강 및 기술 관련 체력뿐만 아니라, 전반적으로 운동을 수행하는 능력(performance)을 향상시키는 결과를 가져온다(Anderson & Kearney, 1982; Kraemer & Ratamess, 2004; Liguori & ACSM, 2020).

이에 본 연구에서 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 건강 관련 체력의 변화를 알아본 결과, 근지구력 측정 변인인 윗몸일으키기는 집단과 시기 간 상호작용 효과가 나타났으며, 사후검증을 통해 CG보다 ECG에서 유의하게 증가한 것으로 확인하였다. 또한, 우측 악력과 앉아 윗몸 앞으로 굽히기는 집단과 시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 신장성 저항 훈련과 단축성 저항 훈련이 건강한 성인의 근력 및 질량에 미치는 효과를 비교한 Roig et al. (2009)의 메타분석 연구에 따르면 신장성 저항 훈련이 근력 증가에 영향을 미친다고 보고하였으며, 남자 대학생을 대상으로 저항성 훈련을 15주간 적용한 Coratella & Schena (2016)의 연구에서는 신장성 저항 훈련 후 벤치프레스 반복 횟수가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이와 같은 측면에서 선행연구는 본 연구의 결과와 일치한다. 이러한 원인은 신장성 수축이 피로에 대한 내성이 강해 신체가 운동 강도를 보다 낮게 자각하여 심폐에 낮은 대사를 요구하기 때문인 것으로 생각된다. 이 외에도 신장성 수축은 중추신경계의 활성 억제, 운동 단위의 동원 감소 및 초기 방전, 피질의 흥분과 같은 독특한 신경 전략을 바탕으로 신장성

수축 운동 후 근력의 발달과 동시에 근지구력을 향상시킨 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 기술 관련 체력의 변화를 알아본 결과, 스피드 측정 변인인 10m 달리기는 집단 간 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증을 통해 CG보다 CCG에서 유의하게 감소한 것으로 확인하였다. 또한, 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기, 제자리 높이 뛰기와 제자리 멀리 뛰기, 일리노이 민첩성 검사는 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 윗몸 일으켜 메디신 볼 던지기, 제자리 멀리 뛰기, 30m 달리기, 일리노이 민첩성 검사는 집단과 시기 간 상호작용 효과도 나타났다. Delecluse (1997)의 연구에 따르면 저항성 운동이 운동 단위의 동원율 증가를 통해 순발력과 스프린트 능력의 향상시켰다고 보고하였으며, 청년과 노인을 대상으로 단축성 등속성 운동과 신장성 등속성 운동을 적용한 Overend et al. (2000)의 연구에서는 단축성 등속성 운동이 신장성 등속성 운동에 비해 더 많은 수의 운동 단위를 동원하는 것으로 보고하였다. 또한, 하체 근력의 증가는 스프린트 능력 향상과 밀접한 관련이 있다는 Seitz et al. (2014)의 메타분석 연구는 저항성 운동을 통한 하지 근력의 증가가 스프린트 시간에 통계적으로 유의미한 단축을 가져온다고 보고하였다. 이와 같은 측면에서 선행연구는 본 연구의 결과와 일치한다. 이러한 원인은 단축성 수축 운동 후 근력의 향상이 신경근 연결(neuromuscular junction)에서 신경전달물질인 아세틸콜린(acetylcholine)의 분비량을 증가시키고, 신경 연결 후 종말(post-synaptic terminal)에서 아세틸콜린 유입률을 높여 신경전달속도가 증가 됨에 따라 스피드를 향상시킨 것으로 생각된다(Deschenes, 2019). 하지만, 본 연구에서 근신경학적 요소를 확인하지 않았으므로, 추후 이를 확인하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 등속성 근기능(Isokinetic muscle function)의 변화

일반적으로 등속성 운동은 근육이 움직일 때 관절의 전 범위에 걸쳐 최대의 부하를 줄 수 있는 형태로, 일정한 조건 하에 운동을 수행하고 있는 동안 동원되는 근육에 최대의 힘이 발휘될 수 있도록 한다(Van et al., 2016). 이를 기반으로 근육의 기능을 평가하는 데 있어 등속성 장비를 활용한 근기능 평가는 근수축 특성을

정성적, 정량적으로 측정할 수 있으므로 다른 측정 방법에 비해 객관적이며, 근력 및 근지구력에 대한 신뢰성 있는 자료를 제공한다(van Meeteren et al., 2002). 뿐만 아니라, 관절의 가동 범위 내에서 근기능에 대한 평가가 진행되기 때문에 부상 예방에 효과적이며, 측정과 더불어 강화 및 재활과 같이 다양한 형태로 활용된다(Vidmar et al., 2020; Wang et al., 2022). 이와 같은 근기능은 근육 구조 및 단면적, 운동 단위 동원 등을 포함한 형태학적 개선 및 신경적 발달의 조합에 의해 발생하며(Suchomel et al., 2018), 저항성 운동을 통한 근기능의 발달은 근비대 뿐만 아니라 근육을 지배하는 신경의 단위인 운동 단위의 활성화에 의해서도 증가 될 수 있다(Moritani & Devries, 1980).

이에 본 연구에서 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 등속성 근기능의 변화를 알아본 결과, 등속성 근기능 중 무릎 근지구력 240°/sec에서의 우굴근 피로 지수는 집단 간 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증을 통해 CG보다 ECG에서 유의하게 증가한 것으로 확인하였다. 또한, 우신근과 좌신근 총 일량, 우신근과 좌신근 평균 파워는 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 우신근 총 일량, 우신근과 좌신근 평균 파워는 집단과 시기 간 상호작용 효과도 나타났다. 남자 축구 선수를 대상으로 수축 형태에 따른 운동을 적용한 Baroni et al. (2011)의 연구에 따르면 등속성 신장성 수축 운동 후 총 일량이 유의하게 증가한 반면, 피로 지수는 신장성에 비해 등속성 단축성 수축 운동 후 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이와 같은 측면에서 선행연구는 본 연구의 결과와 상반되어 일치하지 않는다. 이러한 원인은 단축성 수축이 신장성 수축 보다 더 많은 스트레스를 유도하기는 하나 중추신경계로부터의 전기적 충격과 근육 내 단백질의 슬라이딩에 이르기까지 근수축 과정에 관여하는 많은 구조를 고려할 때, 관련된 시스템에서의 오류가 발생하여 신장성 수축 운동 후 피로가 유발된 것으로 생각된다. 또한, Moffroid et al. (1969)의 연구에 따르면 수직선상에서 운동 수행 시 무릎 관절의 신근은 중력에 역행하여 운동을 하게 됨으로 굴근보다 더 큰 근력의 증가를 보였다고 보고하였으며, 이는 신근의 총 일량과 평균 파워의 증가에 대한 결과를 지지한다. 그러나, 이외의 등속성 근기능 변인에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 측정 장비에 대한 생소함에 따른 대상자의 개인차로 인해 등속성 근기능에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 본 연구의 대상자는 일반인으로, 엘리트 선수와는

다르게 등속성 장비는 일반인이 평소에 접하기 어려운 장비이며 실제 측정을 진행 하던 중 적응에 많은 시간을 소요했음에도 불구하고 재측정하는 경우가 다사하였다. 따라서 추후 연구에서는 신뢰 가능한 결과를 도출하기 위해 등속성 장비에 대한 충분한 적응 훈련 후 측정을 진행할 필요가 있다고 생각된다.



## VI. 결 론

본 연구는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에 미치는 영향을 규명하기 위해 실시하였다. 수축 방법에 따른 4주간의 운동프로그램 적용 후 확인한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 신체구성 중 체지방량은 CG보다 CCG에서 유의하게 감소하였다.

둘째, 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 건강 관련 체력 중 근지구력(윗몸일으키기)은 집단과 시기 간 상호작용 효과가 나타났으며, CG보다 ECG에서 유의하게 증가하였다.

셋째, 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 기술 관련 체력 중 스피드(10m 달리기)는 CG보다 CCG에서 유의하게 감소하였다.

넷째, 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법에 따른 남자 대학생의 등속성 근기능 중 무릎 근지구력 240°/sec에서의 우굴근 피로 지수는 CG보다 ECG에서 유의하게 증가하였다.

본 연구의 결과를 종합해 보면, 단기간(4주) 신장성 수축 운동은 건강 관련 체력 중 근지구력과 등속성 근기능 중 무릎 근지구력 240°/sec에서의 우굴근 피로 지수 증가에 영향을 미쳤으며, 단축성 수축 운동은 신체구성 중 체지방량과 기술 관련 체력 중 스피드 감소에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 이를 통해 본 연구에서는 단기간(4주) 신장성 수축 운동과 단축성 수축 운동 방법이 남자 대학생의

건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능 개선에 긍정적인 변화를 유도하였으며, 각각의 수축 운동 방법이 체지방량 감소와 함께 근지구력과 스피드, 등속성 근기능 향상에 효과가 있다는 결론을 얻었다. 또한, 이를 바탕으로 훈련 목적에 따라 필요한 수축 운동 방법을 선택하여 수행하는 것이 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능 향상 시키는데 효율적임을 제시한다.

하지만, 운동의 효율성 증가를 위해 과학적인 운동프로그램을 체계적으로 적용하였으나 이외의 변인들에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것은 4주의 기간을 통해 신체구성, 신체둘레, 건강 및 기술 관련 체력과 등속성 근기능에서 큰 변화를 확인하기에는 다소 어려움이 있었을 가능성이 존재한다. 또한, 본 연구는 3개월 이상 저항성 운동 참여 경험이 있는 20대 남자 대학생을 대상으로 수행하여 연구의 한계가 있는 것으로 생각된다. 따라서 12주 이상의 운동프로그램을 적용하여 수축 방법에 따른 장기적인 효과를 확인한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 추가적으로 엘리트 선수뿐만 아니라 성별, 나이 등 다양한 조건에 따라 차이가 나타날 수 있으므로, 향후 이를 대상으로 수축 운동 방법의 효과를 비교 및 검증할 필요가 있다.

## 참고문헌

- 박보균. (2022). 2022 국민생활체육조사 결과보고서(ISSN 2287-870X). 세종: 문화체육관광부.
- 윤필한, 우다래, & 박상신. (2022). 코로나바이러스감염증-19 상황에 따른 신체활동 감소 관련 요인. *대한보건연구* (구 대한보건협회학술지), 48(2), 99-110.
- 이호준. (2013). 직장인의 운동실태. 서울: 취업포털커리어.
- 지영미. (2022). 2021 국민건강통계(ISSN 2005-3662). 충북: 질병관리청.
- 한국스포츠개발원. (2017). 2017 국민체력실태조사(ISSN 2234-5671). 세종: 문화체육관광부.
- 한국체육과학연구원. (1998). 국민체력 실태조사. 서울: 문화관광부.
- 한국체육과학연구원. (2013). 한국인의 생활습관, 체력과 건강과의 관계분석(ISSN 139-800). 서울: 국민체육진흥공단.
- Aboodarda, S., Shariff, M., Muhamed, A., Ibrahim, F., & Yusof, A. (2011). Electromyographic activity and applied load during high intensity elastic resistance and nautilus machine exercises. *Journal of Human Kinetics*, 30(2011), 5-12.
- Acar, H., & Eler, N. (2019). The Effect of Balance Exercises on Speed and Agility in Physical Education Lessons. *Universal Journal of Educational Research*, 7(1), 74-79.
- Almuzaini, K. S., & Fleck, S. J. (2008). Modification of the standing long jump test enhances ability to predict anaerobic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1265-1272.
- Alvares, J. B. D. A. R., Rodrigues, R., de Azevedo Franke, R., da Silva, B. G. C., Pinto, R. S., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2015). Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical*

- Therapy in Sport*, 16(1), 59-65.
- American College of Sports Medicine (Ed.). (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2003). *ACSM fitness book*. Human Kinetics.
- American College of Sports Medicine. (2017). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 10th ed.* Lippincott williams & wilkins.
- American College of Sports Medicine. <https://www.acsm.org>.
- Anderson, T., & Kearney, J. T. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for exercise and sport*, 53(1), 1-7.
- Asai, K. K., A's, B. P. C., Rane, Y., & Director, S (2018). Effects of Eccentric and Concentric Contraction Exercise Training Programme on selected Anthropometric Measurements and Body Composition of 18 to 20 Years Male Students. Sr. Research Subject Pg. No., 30.
- Ashton, R. E., Tew, G. A., Aning, J. J., Gilbert, S. E., Lewis, L., & Saxton, J. M. (2020). Effects of short-term, medium-term and long-term resistance exercise training on cardiometabolic health outcomes in adults: systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 54(6), 341-348.
- Åstrand, P. O. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. Human kinetics.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human kinetics.
- Baltaci, G., Un, N., Tunay, V., Besler, A., & Gerçeker, S. E. L. D. A. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *British journal of sports medicine*, 37(1), 59-61.
- Baroni, B. M., Stocchero, C. M. A., do Espirito Santo, R. C., Ritzel, C. H., &

- Vaz, M. A. (2011). The effect of contraction type on muscle strength, work and fatigue in maximal isokinetic exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(3), 215-220.
- Baylor, S. M., & Hollingworth, S. (2012). Intracellular calcium movements during excitation - contraction coupling in mammalian slow-twitch and fast-twitch muscle fibers. *Journal of General Physiology*, 139(4), 261-272.
- Beam, W. C., Bartels, R. L., Ward, R. W., Clark, R. N., & Zuelzer, W. A. (1985). Multiple comparisons of isokinetic leg strength in male and female collegiate athletic teams. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(2), 269.
- Bellicha, A., van Baak, M. A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., ... & Oppert, J. M. (2021). Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obesity Reviews*, 22, e13256.
- Büker, N., Şavkin, R., Süzer, A., & Akkaya, N. (2021). Effect of eccentric and concentric squat exercise on quadriceps thickness and lower extremity performance in healthy young males. *Acta Gymnica*.
- Buldett, R., & Swearingen, J. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance test. *J Orthop sports Phys Ther*, 8, 484-489.
- Burke, R. E., Levine, D. N., Zajac Iii, F. E., Tsairis, P., & Engel, W. K. (1971). Mammalian motor units: physiological-histochemical correlation in three types in cat gastrocnemius. *Science*, 174(4010), 709-712.
- Burnie, J., & Brodie, D. A. (1986). Isokinetics in the assessment of rehabilitation: a case report. *Clinical Biomechanics*, 1(3), 140-146.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.

- Centers for Disease Control and prevention. <https://www.cdc.gov>.
- Chuang, Y. C., Hsu, K. H., Hwang, C. J., Hu, P. M., Lin, T. M., & Chiou, W. K. (2006). Waist-to-thigh ratio can also be a better indicator associated with type 2 diabetes than traditional anthropometrical measurements in Taiwan population. *Annals of epidemiology*, 16(5), 321-331.
- Cooper, K. H. (1982). *The aerobic program for total well-being*. New York: M. Evans and Company.
- Coratella, G., & Schena, F. (2016). Eccentric resistance training increases and retains maximal strength, muscle endurance, and hypertrophy in trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(11), 1184-1189.
- Corbin, C. B., & Le Masurier, G. C. (2014). *Fitness for life*. Human Kinetics.
- Corbin, C. B., & Lindsey, R. (1997). *Concepts of physical fitness*.
- Coudeyre, E., Jegu, A. G., Giustanini, M., Marrel, J. P., Edouard, P., & Pereira, B. (2016). Isokinetic muscle strengthening for knee osteoarthritis: A systematic review of randomized controlled trials with meta-analysis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 59(3), 207-215.
- Cowley, P. M., & Swensen, T. C. (2008). Development and reliability of two core stability field tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 619-624.
- Currier, B. S., Mcleod, J. C., Banfield, L., Beyene, J., Welton, N. J., D'Souza, A. C., ... & Phillips, S. M. (2023). Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(18), 1211-1220.
- Dauty, M., Menu, P., Fouasson-Chailloux, A., & Dubois, C. (2014). Muscular isokinetic strength recovery after knee anterior cruciate ligament reconstruction revision: preliminary study. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 57(1), 55-65.

- Davis, J. C., Donaldson, M. G., Ashe, M. C., & Khan, K. M. (2004). The role of balance and agility training in fall reduction: a comprehensive review. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 40(3), 211.
- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance: Current findings and implications for training. *Sports medicine*, 24, 147-156.
- Dengel, D. R., Hagberg, J. M., Coon, P. J., Drinkwater, D. T., & Goldberg, A. P. (1994). Effects of weight loss by diet alone or combined with aerobic exercise on body composition in older obese men. *Metabolism*, 43(7), 867-871.
- Deschenes, M. R. (2019). Adaptations of the neuromuscular junction to exercise training. *Current opinion in physiology*, 10, 10-16.
- Deschenes, M. R., Maresh, C. M., Crivello, J. F., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., & Covault, J. (1993). The effects of exercise training of different intensities on neuromuscular junction morphology. *Journal of neurocytology*, 22, 603-615.
- Diong, J., Carden, P. C., O'Sullivan, K., Sherrington, C., & Reed, D. S. (2022). Eccentric exercise improves joint flexibility in adults: A systematic review update and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 102556.
- Draper, N. (2014). *Exercise physiology: for health and sports performance*. Routledge.
- El Mhandi, L., & Bethoux, F. (2013). Isokinetic testing in patients with neuromuscular diseases: a focused review. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 92(2), 163-178.
- Ensel, W. M., & Lin, N. (2004). Physical fitness and the stress process. *Journal of Community Psychology*, 32(1), 81-101.
- Eston, R. G., Rowlands, A. V., Coulton, D., McKinney, J., & Gleeson, N. P. (2007). Effect of flexibility training on symptoms of exercise-induced

- muscle damage: a preliminary study. *J Exerc Sci Fit*, 5(1), 33-9.
- Falls, H. B. (1980). Modern concepts of physical fitness. *Journal of Physical Education and Recreation*, 51(4), 25-27.
- Filgueira, T. O., Castoldi, A., Santos, L. E. R., de Amorim, G. J., de Sousa Fernandes, M. S., Anastácio, W. D. L. D. N., ... & Souto, F. O. (2021). The relevance of a physical active lifestyle and physical fitness on immune defense: mitigating disease burden, with focus on COVID-19 consequences. *Frontiers in immunology*, 12, 587146.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing resistance training programs*, 4E. Human Kinetics.
- Fleck, S., & Kraemer, W. (1997). *Resistance training and special populations*. Champaign, IL: Human Kinetics, 181-230.
- Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1981). *The physiological basis of physical education and athletics*. Philadelphia, PA: Saunders.
- Gardner, R. A. (1979). Throwing balls in a basket as a test of motor coordination: normative data on 1350 school children. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 8(3), 152-155.
- Grabara, M. (2016). Effects of hatha yoga exercises on spine flexibility in young adults. *Biomedical Human Kinetics*, 8(1), 113-116.
- Greenwald, A. G. (1970). A choice reaction time test of ideomotor theory. *Journal of Experimental Psychology*, 86(1), 20.
- Grgic, J., Garofolini, A., Orazem, J., Sabol, F., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Effects of resistance training on muscle size and strength in very elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 50(11), 1983-1999.
- Guyton, R., Corbin, S., Zimmer, C., O'Donnell, M., Chervin, D. D., Sloane, B. C., & Chamberlain, M. D. (1989). College students and national health objectives for the year 2000: A summary report. *Journal of American College Health*, 38(1), 9-14.



- Hayes, P. R., Bowen, S. J., & Davies, E. J. (2004). The relationships between local muscular endurance and kinematic changes during a run to exhaustion at  $v$  VO<sub>2</sub>max. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 898-903.
- Heitmann, B. L., & Frederiksen, P. (2009). Thigh circumference and risk of heart disease and premature death: prospective cohort study. *Bmj*, 339.
- Heymsfield, S. (Ed.). (2005). Human body composition (Vol. 918). Human kinetics.
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren III, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of applied physiology*, 81(5), 2173-2181.
- Hislop, H. J., & Perrine, J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical therapy*, 47(1), 114-117.
- Ho, S. S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S. (2012). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC public health*, 12(1), 1-10.
- Hoh, J. F. (1992). Muscle fiber types and function. *Current Opinion in Rheumatology*, 4(6), 801-808.
- Ignjatovic, A., Radovanovic, D., Stankovic, R., Marković, Z., & Kocic, J. (2011). Influence of resistance training on cardiorespiratory endurance and muscle power and strength in young athletes. *Acta Physiologica Hungarica*, 98(3), 305-312.
- Imagama, S., Matsuyama, Y., Hasegawa, Y., Sakai, Y., Ito, Z., Ishiguro, N., & Hamajima, N. (2011). Back muscle strength and spinal mobility are predictors of quality of life in middle-aged and elderly males. *European Spine Journal*, 20, 954-961.
- Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate anaerobic test*.

(No Title).

- Jackman, M. R., & Willis, W. T. (1996). Characteristics of mitochondria isolated from type I and type IIb skeletal muscle. *American journal of physiology-cell physiology*, 270(2), C673-C678.
- Johnson, B. L., & Nelson, J. K. (1969). *Practical measurements for evaluation in physical education*.
- Johnson, J., & Siegel, D. (1978). Reliability of an isokinetic movement of the knee extensors. *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation*, 49(1), 88-90.
- Kannus, P., & Beynnon, B. (1993). Peak torque occurrence in the range of motion during isokinetic extension and flexion of the knee. *International journal of sports medicine*, 14(08), 422-426.
- Karp, J. R. (2001). Muscle fiber types and training. *Strength & Conditioning Journal*, 23(5), 21.
- Katch, V., Weltman, A., Sady, S., & Freedson, P. (1978). Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 39(4), 219-227.
- Katsura, Y., Takeda, N., Hara, T., Takahashi, S., & Nosaka, K. (2019). Comparison between eccentric and concentric resistance exercise training without equipment for changes in muscle strength and functional fitness of older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 119, 1581-1590.
- Kawamura, K., Etoh, S., Noma, T., Hayashi, R., Jonoshita, Y., Natsume, K., ... & Shimodozono, M. (2022). Quantitative measurement of resistance force and subsequent attenuation during passive isokinetic extension of the wrist in patients with mild to moderate spasticity after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19(1), 1-14.
- Kay, A. D., Baxter, B. A., Hill, M. W., & Blazeovich, A. J. (2022). Effects of Eccentric Resistance Training on Lower-limb Passive Joint Range of Motion: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine and Science*

*in Sports and Exercise.*

- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & science in sports & exercise*, 36(4), 674-688.
- Kraemer, W. J., Nindl, B. C., Ratamess, N. A., Gotshalk, L. A., Volek, J. S., Fleck, S. J., ... & Häkkinen, K. (2004). Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 697-708.
- Krishnan, A., Sharma, D., Bhatt, M., Dixit, A., & Pradeep, P. (2017). Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. *Medical Journal Armed Forces India*, 73(2), 140-145.
- Kuk, J. L., Saunders, T. J., Davidson, L. E., & Ross, R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing research reviews*, 8(4), 339-348.
- Kumar, S. (Ed.). (2004). *Muscle strength*. CRC Press.
- Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *The Indian journal of medical research*, 148(5), 648.
- Kutlu, M., Yapıcı, H., Yoncalık, O., & Çelik, S. (2012). Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests. *Journal of human kinetics*, 33(2012), 143-150.
- Lankhorst, K., Takken, T., Zwinkels, M., van Gaalen, L., Te Velde, S., Backx, F., ... & de Groot, J. (2021). Sports participation, physical activity, and health-related fitness in youth with chronic diseases or physical disabilities: the health in adapted youth sports study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(8), 2327-2337.
- LaStayo, P. C., Ewy, G. A., Pierotti, D. D., Johns, R. K., & Lindstedt, S. (2003). The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *The Journals of*

- Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(5), M419-M424.
- Li, C., Ford, E. S., Zhao, G., Kahn, H. S., & Mokdad, A. H. (2010). Waist-to-thigh ratio and diabetes among US adults: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes research and clinical practice*, 89(1), 79-87.
- Liguori, G., & American College of Sports Medicine. (2020). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Lippi, G., Henry, B. M., & Sanchis-Gomar, F. (2020). Physical inactivity and cardiovascular disease at the time of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *European journal of preventive cardiology*, 27(9), 906-908.
- Locks, R. R., Costa, T. C., Koppe, S., Yamaguti, A. M., Garcia, M. C., & Gomes, A. R. (2012). Effects of strength and flexibility training on functional performance of healthy older people. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 16, 184-190.
- Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., ... & Rech, A. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta analysis. *Obesity Reviews*, 23(5), e13428.
- Lortie, G., Simoneau, J. A., Hamel, P., Boulay, M. R., Landry, F., & Bouchard, C. (1984). Responses of maximal aerobic power and capacity to aerobic training. *International journal of sports medicine*, 5(05), 232-236.
- Luo, S., Soh, K. G., Zhang, L., Zhai, X., Sunardi, J., Gao, Y., & Sun, H. (2023). Effect of core training on skill-related physical fitness performance among soccer players: A systematic review. *Frontiers in Public Health*, 10, 1046456.
- Maciel, D. G., Dantas, G. A. F., Cerqueira, M. S., Barboza, J. A. M., Caldas,

- V. V. D. A., de Barros, A. C. M., ... & de Brito Vieira, W. H. (2023). Peak torque angle, acceleration time and time to peak torque as additional parameters extracted from isokinetic test in professional soccer players: a cross-sectional study. *Sports Biomechanics*, 22(9), 1108-1119.
- Mak, K. K., Ho, S. Y., Lo, W. S., Thomas, G. N., McManus, A. M., Day, J. R., & Lam, T. H. (2010). Health-related physical fitness and weight status in Hong Kong adolescents. *BMC public health*, 10(1), 1-5.
- Malina, R. M. (1994). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and sport sciences reviews*, 22(1), 280-284.
- Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2007). *Human anatomy & physiology*. Pearson education.
- Marušič, J., Vatovec, R., Marković, G., & Šarabon, N. (2020). Effects of eccentric training at long muscle length on architectural and functional characteristics of the hamstrings. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(11), 2130-2142.
- Matos, R., Monteiro, D., Rebelo-Goncalves, R., Coelho, L., Salvador, R., Antunes, R., ... & Amaro, N. (2022). Wall Drop Punt Kick & Catch: Contributions towards the creation of a new gross manipulative coordination test. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(3), 590-598.
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: a meta-analysis. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 536.
- Mike, J. N., Cole, N., Herrera, C., VanDusseldorp, T., Kravitz, L., & Kerksick, C. M. (2017). The effects of eccentric contraction duration on muscle strength, power production, vertical jump, and soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(3), 773-786.

- Moffroid, M., Whipple, R., Hofkosh, J., Lowman, E., & Thistle, H. (1969). A study of isokinetic exercise. *Physical Therapy*, 49(7), 735-747.
- Moritani, T., & DeVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 58(3), 115-130.
- Moritani, T., & Devries, H. A. (1980). Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *Journal of gerontology*, 35(5), 672-682.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., & Atwood, J. E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England journal of medicine*, 346(11), 793-801.
- Needham, D. M. (1926). Red and white muscle. *Physiological Reviews*, 6(1), 1-27.
- Nelson, R. T., & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of athletic training*, 39(3), 254.
- O'Connor, B., O'Connor, R., Simmons, J., & O'Shea, P. (1989). *Weight training today*. Thomson Learning.
- Oppert, J. M., Bellicha, A., van Baak, M. A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., ... & Busetto, L. (2021). Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group. *Obesity Reviews*, 22, e13273.
- Overend, T. J., Versteegh, T. H., Thompson, E., Birmingham, T. B., & Vandervoort, A. A. (2000). Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), B177-B182.
- Padulo, J., Laffaye, G., Ardigò, L. P., & Chamari, K. (2013). Concentric and

- eccentric: muscle contraction or exercise?. *Journal of human kinetics*, 37, 5.
- Paulus, J., Croisier, J. L., Kaux, J. F., & Bury, T. (2019). Eccentric versus concentric – which is the most stressful cardiovascularly and metabolically?. *Current Sports Medicine Reports*, 18(12), 477-489.
- Peñailillo, L., Espíldora, F., Jannas-Vela, S., Mujika, I., & Zbinden-Foncea, H. (2016). Muscle strength and speed performance in youth soccer players. *Journal of human kinetics*, 50, 203.
- Perrin, D. H. (1994). Open chain isokinetic assessment and exercise of the knee. *Journal of sport rehabilitation*, 3(3), 245-254.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance?. *Clinical rehabilitation*, 14(4), 402-406.
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 537(2), 333-345.
- Rakasiwi, A. M., Prasetyo, E. B., & Wulandari, I. D. (2020). Harvard Step Test and Cooper 12 Minute Test on Improvement of Fitness Index (VO2 Max) in Basket Athletes in Pekalongan City. *CCER*, 17.
- Raya, M. A., Gailey, R. S., Gaunaurd, I. A., Jayne, D. M., Campbell, S. M., Gagne, E., ... & Tucker, C. (2013). Comparison of three agility tests with male servicemembers: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 50(7).
- Rezaeimanesh, D., & Farsani, P. A. (2011). The effect of a 6 week isotonic training period on lower body muscle EMG changes in volleyball players. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 30, 2129-2133.
- Riemann, B. L., & Schmitz, R. (2012). The relationship between various modes of single leg postural control assessment. *International journal of sports physical therapy*, 7(3), 257.
- Rocchi, A., Milioto, C., Parodi, S., Armirotti, A., Borgia, D., Pellegrini, M., ...

- & Pennuto, M. (2016). Glycolytic-to-oxidative fiber-type switch and mTOR signaling activation are early-onset features of SBMA muscle modified by high-fat diet. *Acta neuropathologica*, 132, 127-144.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 43(8), 556-568.
- Ruas, C. V., Pinto, R. S., Haff, G. G., Lima, C. D., & Brown, L. E. (2019). Effects of different combinations of concentric and eccentric resistance training programs on traditional and alternative hamstrings-to-quadriceps ratios. *Sports*, 7(10), 221.
- Sale, D. G. (1988). *Neural adaptation to resistance training. Medicine and science in sports and exercise*, 20(5 Suppl), S135-45.
- Sanchez-Moreno, M., Cornejo-Daza, P. J., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2020). Effects of velocity loss during body mass prone-grip pull-up training on strength and endurance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(4), 911-917.
- Schwartz, R. S., & Evans, W. J. (1995). Effects of exercise on body composition and functional capacity of the elderly. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Special\_Issue), 147-150.
- Schwerzmann, K., Hoppeler, H., Kayar, S. R., & Weibel, E. R. (1989). Oxidative capacity of muscle and mitochondria: correlation of physiological, biochemical, and morphometric characteristics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86(5), 1583-1587.
- Seger, J. Y., Arvidsson, B., Thorstensson, A., & Seger, J. Y. (1998). Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *European journal of applied physiology and*



- occupational physiology*, 79, 49–57.
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 44, 1693–1702.
- Serrano, N., Colenso-Semple, L. M., Lzauskus, K. K., Siu, J. W., Bagley, J. R., Lockie, R. G., ... & Galpin, A. J. (2019). Extraordinary fast-twitch fiber abundance in elite weightlifters. *PloS one*, 14(3), e0207975.
- Setiawan, A. M., Humaid, H., & Setiawan, I. (2023). The Effect of Arm Muscle Explosion, Hands Eye Coordination and Achievement Motivation on Spin Pass Skills at DKI Jakarta Rugby Athletes. Gladi: *Journal Ilmu Keolahragaan*, 14(02), 129–142.
- Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorensen, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., & Childs, J. D. (2013). Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Military medicine*, 178(11), 1264–1270.
- Shin, H. I., Kim, D. K., Seo, K. M., Kang, S. H., Lee, S. Y., & Son, S. (2017). Relation between respiratory muscle strength and skeletal muscle mass and hand grip strength in the healthy elderly. *Annals of rehabilitation medicine*, 41(4), 686–692.
- Silsupadol, P., Siu, K. C., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2006). Training of balance under single-and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Physical therapy*, 86(2), 269–281.
- Spackman, B. (1971). A new approach to strength building. *Athletic Journal*, 51(39), 69–71.
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L., & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 679–686.
- Stockbrugger, B. A., & Haennel, R. G. (2001). Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *The Journal of strength &*

- conditioning research*, 15(4), 431-438.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine*, 48, 765-785.
- Szabo, D. A., Neagu, N., & Sopa, I. S. (2020). Research regarding the development and evaluation of agility (balance, coordination and speed) in children aged 9-10 years. *Health, Sports & Rehabilitation Medicine*, 21(2).
- Taware, G. B., Bhutkar, M. V., Bhutkar, P. M., Doijad, V. P., & Surdi, A. D. (2012). Effect of age on audio-visual and whole body reaction time. *Al Ameen Journal of Medical Science*, 5(1), 90-94.
- Teichner, W. H. (1954). Recent studies of simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 51(2), 128.
- Thistle, H. G., Hislop, H. J., Moffroid, M., & Lowman, E. W. (1967). Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 48(6), 279-282.
- Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
- Vaara, J. P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämnen, O., Häkkinen, A., Kocay, S., & Häkkinen, K. (2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2078-2086.
- Van Ark, M., Cook, J. L., Docking, S. I., Zwerver, J., Gaida, J. E., Van Den

- Akker-Scheek, I., & Rio, E. (2016). Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *Journal of science and medicine in sport*, 19(9), 702-706.
- Van Dalen, D. (1940). New studies in the Sargent jump. *Research Quarterly*. American Association for Health, *Physical Education and Recreation*, 11(2), 112-115.
- van Meeteren, J., Roebroek, M., & Stam, H. (2002). Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *Journal of rehabilitation medicine*, 34(2), 91-95.
- Vargas-Molina, S., Salgado-Ramírez, U., Chulvi-Medrano, I., Carbone, L., Maroto-Izquierdo, S., & Benítez-Porres, J. (2021). Comparison of post-activation performance enhancement (PAPE) after isometric and isotonic exercise on vertical jump performance. *Plos one*, 16(12), e0260866.
- Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian journal of physical therapy*, 24(5), 424-432.
- Vincent, K. R., Braith, R. W., Feldman, R. A., Kallas, H. E., & Lowenthal, D. T. (2002). Improved cardiorespiratory endurance following 6 months of resistance exercise in elderly men and women. *Archives of Internal Medicine*, 162(6), 673-678.
- Vitti, G. J. (1984). The effects of variable training speeds on leg strength and power. *Athl. Train*, 19, 26-29.
- Wang, B., Zhang, X., Zhu, F., Zhu, W., Wang, X., Jia, F., ... & Zhang, M. (2022). A randomized controlled trial comparing rehabilitation with

- isokinetic exercises and Thera-Band strength training in patients with functional ankle instability. *Plos one*, 17(12), e0278284.
- Wang, Z. M., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American journal of clinical nutrition*, 56(1), 19-28.
- Widrick, J. J., Stelzer, J. E., Shoepe, T. C., & Garner, D. P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(2), R408-R416.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*: report of a WHO consultation.
- You, Q., Jiang, Q., Li, D., Wang, T., Wang, S., & Cao, S. (2022). Waist circumference, waist-hip ratio, body fat rate, total body fat mass and risk of low back pain: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 1-13.
- Young, W., Russell, A., Burge, P., Clarke, A., Cormack, S., & Stewart, G. (2008). The use of sprint tests for assessment of speed qualities of elite Australian rules footballers. *International journal of sports physiology and performance*, 3(2), 199-206.
- Zierath, J. R., & Hawley, J. A. (2004). Skeletal muscle fiber type: influence on contractile and metabolic properties. *PLoS biology*, 2(10), e348.

<Abstract>

**Effect of short-term eccentric and concentric contraction exercise  
on health- and skill-related physical fitness  
and isokinetic muscular function in male college student**

Ju-Yeon, Jeong

Department of Kinesiology

The Graduate school Jeju National University

The purpose of this study is to determine the effects of short-term (4 weeks) eccentric and concentric contraction exercise on the health- and skill-related physical fitness and isokinetic muscular function in male college student. The subjects of this study were 20 healthy male college students who had participated in resistance exercise for more than 3 months, and had no cardiovascular or musculoskeletal diseases for the past year or more. The subjects were classified into a eccentric contraction exercise group (ECG, n=7), a concentric contraction exercise group (CCG, n=7), and a sedentary control group (CG, n=7) by a random assignment method. The ECG and CCG focused on each contraction method, performing eccentric and concentric contraction exercises in a 5:1 time ratio for 75 minutes per day 3 times a week for 4 weeks. Before and after participating in the exercise program, body composition, body circumference (chest, hip,

mid thigh, calf), health- and skill-related physical fitness (hand grip strength, back muscular strength, sit-up, sit and reach, front abdominal power test, sargent jump, standing long jump, 10/20/30m sprint, Illinois agility test), and isokinetic muscular function (knee muscular strength and endurance at 60°/sec and 240°/sec, respectively. Trunk strength at 30°/sec) were measured. Two-way repeated measures ANOVA was performed to verify the effect of interaction between groups and periods, and one-way ANOVA was performed to verify differences between groups. The results of this study are as follows.

- First, body fat mass was significantly decreased in CCG compared to CG.
- Second, sit-up showed an effect of interaction between groups and periods, and significantly increased in ECG compared to CG.
- Third, ten-meter sprint record was significantly decreased in CCG compared to CG.
- Fourth, fatigue index in right knee flexor at 240°/sec was significantly increased in ECG compared to CG.

Summarizing the results of this study, we found that although short-term (4 weeks) eccentric contraction exercise affects muscular endurance and isokinetic muscular endurance, concentric contraction exercise has an effect on body composition and speed. Therefore, this study suggests that selecting and performing the necessary contraction exercise method according to the training purpose can improve health- and skill-related physical fitness and isokinetic muscular function.