



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](#)

체육학 박사학위 논문

국내 연구를 중심으로 한 전방십자인대  
재건술 후 재활운동 효과(슬관절 근기능,  
슬관절 기능지수)에 대한 메타분석

울산대학교 일반대학원

체육학 전공

서명일

국내 연구를 중심으로 한 전방십자인대  
재건술 후 재활운동 효과(슬관절 근기능,  
슬관절 기능지수)에 대한 메타분석

지도교수 이 한 준

이 논문을 체육학 박사학위 논문으로 제출함


2021년 06월


울산대학교 일반대학원


체육학 전공


서 명 일


서명일의 체육학 박사학위 논문을 인준함

심사위원 김기정 

심사위원 우민정 

심사위원 서용일 

심사위원 신소희 

심사위원 이한준 

울산대학교 일반대학원

2021년 06월

## 국 문 초 록

### 국내 연구를 중심으로 한 전방십자인대 재건술 후 재활운동 효과(슬관절 근기능, 슬관절 기능지수)에 대한 메타분석

서 명 일  
울산대학교 일반대학원  
체육학 전공

본 연구는 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 검증하는 데 목적이 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 국내 문헌 자료의 검색은 한국교육학술정보서비스(RISS), 국회도서관(NANET)의 검색엔진을 사용하였으며, 관련 문헌 검색을 위한 검색어는 ‘전방십자인대’, ‘전방십자인대 재건술’을 사용하였다. 수집된 논문은 총 2,742편이 검색되었으며, 그중에서 재활운동 효과에 관한 종속 변인(슬관절 근기능, 슬관절 기능지수)을 다룬 논문 총 12편이 실제 메타분석을 위해 최종적으로 선정되었다. 수집된 자료는 부호화를 거쳐 CMA(Comprehensive Meta-analysis Program)를 이용하여 전산처리하였다. 자료는 일차적으로 중재 변인들의 하위범주별 빈도를 분석하고 출판 편향성을 검증하였으며, 효과크기와 95%신뢰구간(CI)을 산출하였다. 이차적으로는 메타분석 결과 산출된 효과크기들의 동질성(Q)을 검증하고 이질적인 것으로 나타나 선정된 7개 중재 변인의 하위범주 간 효과크기 차이를 검증하였다.

분석 결과, 첫째, 재활운동은 환측 굴근력을 향상시키는데 있어 중간 효과크기를 나타냈다. 특히, 남자보다 여자에게서 높은 효과가 나타났는데, 이러한 결과는 여자가 남자보다 저항운동과 관련된 신체활동에 참여하지 않아 초기 근력 상태가 낮기 때문으로 사료된다. 또한, 재활운동은 90분 미만의 시간만으로도 큰 효과크기를 보이고 있으므로 향후 십자인대 재건술 후 재활운동을 실시하는 사람들에게 90분 미만의 재활을 권장하는 바이다. 그리고 10명 미만으로 그룹을 편성하여 재활운동을 실시하는 경우가 10명 이상으로 그룹을 편성한 경우보다 섬세한 관리와 체계적인 교육을 통해 높은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

둘째, 재활운동은 환측 신근력을 향상시키는데 있어 큰 효과크기를 나타냈다. 그러나 이질성의 차이를 검증한 결과에서는 본 연구에서 설정한 중재 변인이 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 재활운동이 환측 신근력을 향상시키는데 있어 영향을 미치는 중재 변인에는 어떠한 것들이 있는지 추후 검증하는 연구를 통해 밝혀보는 것도 의미가 있으리라 생각된다.

셋째, 재활운동은 슬관절 기능지수를 향상시키는데 있어 큰 효과크기를 나타냈다.

이러한 결과는 재활운동을 통한 굴근력과 신근력의 향상이 기능지수의 향상으로 이어졌으리라 판단된다. 하지만 슬관절 기능지수는 개인의 일상에서의 불편함 그리고 통증과 부종의 정도를 수치화하는 과정에서 일어날 수 있는 객관적이지 못한 한계도 있음을 인지해야 할 것이다.

이와 같은 결과들은 본 연구의 분석에 사용된 연구의 편수가 적기 때문에 일반화하는 것은 무리가 있다고 판단되며, 동종의 국외 문헌을 포함해 종합적인 메타분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 연구의 출판유형에 따라 재활운동의 효과크기가 달라지는 양상을 보이고 있으므로 자료를 수집하는 과정에서 질적으로 검증된 자료를 수집할 수 있도록 유의해야 할 것이다.

# 목 차

## I. 서론

1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	3
3. 연구문제 .....	4
4. 연구의 제한점 .....	4
5. 용어의 정의 .....	4

## II. 이론적 배경

1. 전방십자인대 해부학적 구조와 손상 기전 .....	6
2. 전방십자인대 재건술 .....	8
3. 재활운동 .....	9
4. 메타분석 .....	12

## III. 연구방법

1. 연구의 설계 .....	14
2. 자료 수집 및 선정 .....	16
3. 연구의 질 검증 .....	19
4. 자료의 코딩방법 .....	22
5. 중재 변인의 선정 .....	23
6. 자료 처리 및 분석 방법 .....	24

## IV. 연구결과

1. 선정된 연구의 특성 .....	31
2. 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과크기 .....	35
1) 슬관절 근기능의 효과크기 .....	35
2) 슬관절 기능지수의 효과크기 .....	41
3. 중재 변인별 효과크기 차이 검증 .....	43
1) 중재 변인에 따른 환측 굴근력의 효과크기 .....	44
2) 중재 변인에 따른 환측 신근력의 효과크기 .....	45
3) 중재 변인에 따른 슬관절 기능지수의 효과크기 .....	47

## V. 논의

1. 재활운동이 슬관절 근기능에 미치는 효과크기 .....49
  - 1) 환측 굴근력에 미치는 효과 .....49
  - 2) 환측 신근력에 미치는 효과 .....51
2. 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과크기 .....53

## VI. 결론 .....56

## 참고문헌 .....57

## ABSTRACT .....68



# 표 목 차

<표 1> PICOTS-SD에 따른 연구전략 .....	16
<표 2> 분석대상 논문의 포함 및 배제 기준 .....	17
<표 3> 선정된 연구의 Cochrane 비뚤림 위험 평가 .....	21
<표 4> 분석대상 논문 코딩 변수 및 내용 .....	22
<표 5> Cohen의 효과크기 해석 기준 .....	28
<표 6> 선정된 연구의 일반적 특성 .....	32
<표 7> 중재 변인의 특성 .....	35
<표 8> 환측 굴근력의 전체 효과크기 .....	36
<표 9> 추정치 가감법 적용 결과 .....	38
<표 10> 환측 신근력의 전체 효과크기 .....	38
<표 11> 추정치 가감법 적용 결과 .....	41
<표 12> 슬관절 기능지수의 전체 효과크기 .....	41
<표 13> 추정치 가감법 적용 결과 .....	43
<표 14> 중재 변인에 따른 환측 굴근력의 효과크기 .....	44
<표 15> 중재 변인에 따른 환측 신근력의 효과크기 .....	46
<표 16> 중재 변인에 따른 슬관절 기능지수의 효과크기 .....	48

# 그림 목 차

[그림 1] 슬관절의 구조 .....	6
[그림 2] 자유도 6의 무릎관절 .....	7
[그림 3] 전방십자인대 재건술 .....	9
[그림 4] 연구의 흐름도 .....	15
[그림 5] 메타분석을 위한 논문 선정 과정 및 결과 .....	18
[그림 6] 선정한 문헌의 질 평가 .....	20
[그림 7] 메타분석을 통한 재활운동 효과 검증 연구모형 .....	24
[그림 8] 환측 굴근력의 전체 효과크기 .....	36
[그림 9] 환측 굴근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전) .....	37
[그림 10] 환측 굴근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후) .....	38
[그림 11] 환측 신근력의 전체 효과크기 .....	39
[그림 12] 환측 신근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전) .....	40
[그림 13] 환측 신근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후) .....	40
[그림 14] 슬관절 기능지수의 전체 효과크기 .....	42
[그림 15] 슬관절 기능지수에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전) .....	42
[그림 16] 슬관절 기능지수에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후) .....	43

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

현대사회에서는 사람들의 삶의 질 향상, 만성질환의 예방 및 치료 등에 관한 관심이 증대됨에 따라 스포츠에 참여하는 인구가 증가하고 있으며(조우신, 빈성일, 조용선, 한영길, 차호인, 1997; Bahr & Krosshuag, 2005), 이로 인해 발생하는 상해는 스포츠의 저변확대에 중요한 장애 요인으로 대두되고 있다. 스포츠 참여로 발생 되는 손상들에는 어깨, 발목, 무릎, 허리 등 여러 부위가 있지만, 특히, 슬관절 손상이 빠르게 증가하고 있는 추세이다(염윤석, 조우신, 황지효, 안성찬, 안지용, 이근춘, 2007; Johnson, Beynnon, Nichols & Renstrom, 1992). 큰 운동 범위를 가지고 체중 부하를 담당하는 슬관절은 무리한 스포츠 활동으로 발생하는 준비운동 미비, 체중 증가, 운동 부족과 같은 간접적인 원인과 하지장의 체중 부하, 비틀림, 물리적 충돌과 같은 직접적인 원인으로 인해 손상 발생빈도가 많은 부위로 알려져 있다(이은애, 변재철, 2006; Timm, 1988). 이러한 슬관절의 안정성은 전·후방십자인대, 내·외측 측부인대, 내·외측 반월상연골과 같은 연부조직의 제한에 의해 확보되는데(Neumann, 2010), 이 중 전방십자인대 손상은 스포츠에 참여하는 동안 가장 흔하고 치명적인 부상 중 하나로 지속적으로 늘어나는 추세이다(김상훈, 강신영, 민병현, 2000; Mesfar & Shirazi-Adl, 2006). 최근 보고에 따르면, 17,397명의 환자를 대상으로 발생한 스포츠 손상을 분석한 결과 37%에 달하는 6,434명의 환자에서 39.8%(7,769명)의 슬관절 손상이 그중에서 전방십자인대 손상이 20.3%로 가장 높게 나타났다(이광준, 김병로, 김정태, 임인수, 2013). 또한, 손상 형태를 비디오와 설문지를 통해 분석한 결과 슬관절의 과신전, 내·외반력 붕괴, 후방 착지, 방향전환 등의 접촉성 손상이 28% 과신전, 점프 후 착지, 감속 등의 비접촉성 손상이 72%로 나타났다(Barry, Boden, Scott, John, Feagin, William & Gattett, 2000). 전방십자인대는 구조적 부조화(관절의 양면이 일치하지 않음)를 해결해주는 생역학적 구조물으로써(김상규, 빈성일, 김철준, 1997), 외측대퇴과 내측면과 경골고원부 전면에 부착되는 해부학적 특성상 외측, 상방, 후방 등 사선으로 주행함으로 슬관절에서의 운동 중 전방십자인대의 어떤 한 부분은 그 운동에 저항하게 되는 특성이 있다(Lloyd, 2001). 이러한 전방십자인대는 여러 가지 원인으로 손상이 나타나지만, 특히, 발이 견고하게 지면에 고정된 상태에서 슬관절의 과신전, 대퇴골의 후방으로의 병진운동, 대퇴골의 과도한 외회전이 대표적인 손상 기전으로 제시된다(Besier, Lloyd, Cochrane & Ackland, 2001).

전방십자인대 손상 후 알맞은 치료를 시행하지 않으면 반월상 연골(meniscus)의 손상, 슬관절의 회전 불안정성, 관절 연골(articular cartilage)의 퇴행성 변화가 진행되며, 통증을 동반한 무릎관절의 불안정성과 전방 및 전측방의 탈구 현상이 나타난다(김려섭, 2000; Galway, Beaupre & MacIntosh, 1972). 또한, 대퇴 근육의 위축 및

근력 약화, 이차적인 골관절염 등의 후유증을 유발하기도 한다(Arnold, Coker, Heaton, Park & Harris, 1979). 이러한 전방십자인대 손상 후 치료방법으로는 수술적 치료와 보존적 치료가 있는데, 보존적 치료는 급성기(2주 이내)에 적용하며 후에 보행에 지장이 없을 정도로 개선되면 수술을 권장하지 않지만 그렇지 않은 경우 무릎관절의 조기 퇴행 및 골관절염 그리고 만성 불안정성 야기 등의 이유로 수술적 치료가 요구되고 있다(남우혁, 임홍철, 문준규, 이승준, 박찬웅, 양재혁, 2005; Gerogoulis, Pappa, Moebius, Pappa, Papageorgiou, Agnantis & Soucacos, 2001; Gobb & Francisco, 2006; Giugliano & Solomon, 2007, 나영무, 김진홍, 이홍재, 유병규, 윤영설, 이건철, 이태임, 한상완, 유태원, 정동혁, 김용균, 남종철, 주성주, 장재원, 장석암, 강보관, 조영재, 지송운, 박미경, 2008). 재건술의 시기는 슬관절 가동범위가 0~120° 사이의 신전과 굴곡이 가능해야 하고 급성 염증의 소실, 부종이 없다면 재건술이 가능하지만, 손상 3~4주 이후에 시행하는 것이 슬관절 강직(arthrofibrosis) 초래 위험 또한 낮출 수 있다. 전방십자인대 재건술 후에는 슬관절의 굴곡근과 신전근의 근력이 감소함으로 불안정성이 증가 되어 신체활동의 많은 제약을 받게 된다(Takarada, Takazawa & Ishii, 2000). 따라서, 슬관절의 불안정성 및 강직 예방 그리고 슬관절 근력의 감소와 근 위축 등을 예방하고 기능을 원상태로 되돌리기 위해서는 적극적이고 체계적인 재활운동이 필요하다. 전방십자인대 재건술 후 무릎의 기능 회복을 위한 운동 재활의 목표는 근력 강화로 인한 슬관절의 불안정성 감소, 신체의 동적 운동능력의 회복, 통증으로부터의 완전한 회복에 중점을 두고 있으며, 재활운동에 대한 성공 기준은 전방십자인대 손상 전의 스포츠 활동 참여 복귀로 결정된다(경희수, 김희수, 인주철, 노정호, 2003; 이인식, 임재영, 김유수, 정선근, 한태균, 김태균, 2005; 조우신, 설의상, 김민영, 안형선, 지형철, 2005).

그동안 다양한 집단을 대상으로 재활운동에 관련된 연구들이 수행되어왔으므로 전방십자인대 재건술 후 재활운동이 지닌 중요성과 가치가 설명되고 있다. 이와 관련된 연구를 살펴보면, 등척성 근수축(isometric contraction)에 의한 운동 방법(이수영, 신화경, 조상현, 2003), 등장성 근수축(isotonic contraction)에 의한 운동 방법(조정희, 정소봉, 2001), 등속성 근수축(isokinetic contraction)에 의한 운동 방법(배태수, 강성재, 최경주, 김신기, 유재욱, 진미령, 문무성, 2003; Karlson, Steiner, Brown & Johnston, 1994; Rossi, Brown & Whitehurst, 2006), 가속화재활운동프로그램(김진구, 양상진, 옥정석, 박우영, 안근옥, 2013; 이은애, 변재철, 2006; 장지웅, 정석률, 이성기, 2008) 등의 연구들이 수행되어왔다. 특히, 각각의 재활운동 방법을 통한 근력 향상, 근력의 균형적 발달 및 관절의 회전기능 향상 등을 규명한 연구들이 주를 이루고 있으며, 다양한 측면에서 그에 따른 논의들이 제시되어왔다.

종합해보면, 재활운동은 전반적으로 전방십자인대 손상 후 환자의 근력 및 관절의 기능 향상에 긍정적인 효과가 있는 것으로 볼 수 있지만, 각각의 연구결과만으로는 재활운동이 환자의 근력 및 관절의 기능을 향상시키는 결과를 일반화시키기에는 다소 무리가 있다. 왜냐하면, 어떠한 재활운동이 가장 적절한 효과를 나타내는지 알 수 없고, 연구대상의 특성 또한 일반 환자, 운동선수, 교통사고 환자 등으로 다

양하며, 재활의 기간 또한 4주~24주로 매우 상이함을 나타내고 있기 때문에 각각의 연구를 통해 도출된 결과를 일반화하여 해석하는 것은 어려움이 있다. 또한, 각각의 연구결과는 통계적 유의성에만 의존하고 있으므로 재활운동이 근력 및 관절의 기능을 향상시키는 효과의 유무를 단정하는 데는 어려움이 있으며, 그 효과에 대한 크기를 알 수 없다는 한계도 존재한다. 다시 말해, 통계적 유의성에 대한 의존은 표본 수가 적은 경우, 검정력이 떨어지거나 표본 수가 많은 경우 의미가 없음에도 불구하고 통계적 유의성이 나타나는 한계를 가지고 있으며, 이분법적 판단을 제공하는 단점이 존재하기 때문에 이러한 오류와 과장을 줄이기 위해 효과크기를 제공해야 하며, 많은 분야의 학계에서도 연구의 효과성 측정을 위해 효과크기 보고의 필요성을 제안해 왔다(Anderson, Burnham & Thompson, 2000; Cohen, 1994; Olejnik & Algina, 2000). 이처럼 각각의 연구들처럼 상이한 변인(연구대상의 특성, 재활기간, 재활운동 등)들로부터 도출된 결과들은 중재 변인에 따라 효과의 차이가 나타날 수 있으므로 중재 변인의 영향을 고려한 체계적이고 합리적인 분석을 통해 객관적인 결과를 도출하는 과정이 필요하다(김의재, 강현욱, 2017). 따라서, 본 연구에서는 연구의 경향성 확인을 위해 각각의 연구결과들을 통합 분석하는 메타분석(Glass, 1976)을 토대로 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과크기와 관련 요인에 따른 효과를 분석하여 종합적인 결론을 도출해보고자 한다. 그러나 국외 논문의 경우 십자인대 재건술 후 재활운동을 통해 대퇴사두근(신근력)의 근력 향상에 중점을 두고 있다. 또한, 재활운동 후 근력 측정 역시도 대퇴사두근에 초점을 맞추고 있다(Bieler, Sobol, Andersen, Kiel, Løfholm, Aagaard, Magnusson, Krogsgaard & Beyer, 2014; Chmielewski, George, Tillman, Moser, Lentz, Indelicato, Trumble, Shuster, Cicutini & Leeuwenburgh, 2016; Fukuda, Fingerhut, Moreira, Camarini, Scodeller, Duarte, Martinelli & Bryk, 2013; Harput, Ulusoy, Yildiz, Demirci, Eraslan, Turhan & Tunay, 2019; Tagesson, Oberg, Good & Kvist, 2007; Vidmar, Baroni, Michelin, Mezzomo, Lugokenski, Pimentel & Silva, 2020; Zult, Gokeler, van Raay, Brouwer, Zijdewind, Farthing & Hortobágyi, 2018). 그러므로 재활운동을 통해 대퇴사두근과 햄스트링(굴근력) 두 근육군의 근력 향상에 중점을 두고, 근력 측정 역시도 두 근육군에 초점을 맞추고 있는 국내 논문을 중심으로 연구를 진행하였다.

## 2. 연구의 목적

본 연구에서는 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 검증하기 위해 국내에서 수행된 관련 선행 연구들의 연구결과 중 슬관절 근기능(환측 굴근력, 환측 신근력), 슬관절 기능지수를 비교가 가능한 효과크기(ES)로 환산할 것이다. 그리고 메타분석을 적용하여 종합적으로 분석한 후 재활운동의 효과크기를 규명하는데 목적이 있다.

### 3. 연구문제

본 연구에서는 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과크기를 규명하기 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

첫째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 환측 굴근력의 효과크기는 어느 정도인가?

둘째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 환측 신근력의 효과크기는 어느 정도인가?

셋째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 슬관절 기능지수의 효과크기는 어느 정도인가?

넷째, 환측 굴근력에서 차이가 있는 중재 변인의 효과크기는 어느 정도인가?

다섯째, 환측 신근력에서 차이가 있는 중재 변인의 효과크기는 어느 정도인가?

여섯째, 슬관절 기능지수에서 차이가 있는 중재 변인의 효과크기는 어느 정도인가?

### 4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

첫째, 전방십자인대 재건술 시 이식건을 통제하지 못했다.

둘째, 전방십자인대 재건술 전 시행된 재활운동은 연구에 포함하지 못했다.

셋째, 반월판 연골을 제외한 슬관절 안정성에 영향을 줄 수 있는 동반 인대 손상이 있는 연구는 포함하지 못했다.

### 5. 용어의 정의

#### 1) 전방십자인대(Anterior Cruciate Ligament)

슬관절을 고정하는 4개 인대 중 하나로서 대퇴골에 대하여 경골이 전방으로 전위되는 것을 방지하며 과신전 및 경골의 회전을 제한하는 기능과 함께 슬관절의 안정성을 유지하는 가장 중요한 구조물이다.

#### 2) 전방십자인대 재건술(Anterior Cruciate Ligament Reconstruction)

전방십자인대 손상으로 인하여 슬관절이 불안정할 때, 다른 인대나 인대 역할을 대신할 수 있는 조직을 이용하여 대치하는 것을 말하며, 주로 골-슬개건-골, 박건, 박건양건, 아킬레스건 등을 이용한다. 본 연구에서는 인대와 건의 종류를 구분하지 않고 종합적으로 포함한다.

### 3) 재활운동의 효과

재활운동은 손상 부위의 회복은 물론 최대한의 기능적 회복 및 강화를 목표로 시행되는 다양한 운동을 의미한다. 본 연구에서 재활운동의 효과는 전방십자인대 재건술 후 슬관절 기능의 회복을 가늠할 수 있는 슬관절 근기능(환측 굴근력, 환측 신근력)과 슬관절 기능지수를 지칭한다.

### 4) 슬관절 근기능 검사

슬관절 근기능 검사는 등속성 근기능 검사를 지칭하는 것이다. 등속성 근기능 검사는 부하 방법이 속도에 의한 저항으로 관절의 각도마다 근육의 수축에 맞추어 부하가 변동되며, 이때 근수축 시 부하는 기기에 의해 일정한 속도의 조절이 가능하므로 실행자는 관절마다 최대의 근력을 발휘할 수 있다.

본 연구에서는 재활운동의 효과를 검증하기 위해 등속성 근력 측정 시 사용되는 근력의 최고치인 최대근력(Peak Torque)을 사용할 것이다.

### 5) 슬관절 기능지수(Lysholm)

일상 활동능력의 불편함 정도와 통증의 정도, 부종의 정도를 포함하는 슬관절 기능 평가지로 슬관절 기능지수는 일상생활을 하거나 운동을 하면서 느끼는 최소한의 불안정 정도를 절룩거림(Limp), 지지(Support), 계단 오르기(Stair-climbing), 쪼그려 앉기(Squatting), 걷기, 달리기와 점프 시 불안정성(Instability), 통증(Pain), 종창(Swelling), 대퇴부의 위축(Thigh hypotrophy) 등을 수치화한 것으로 Lysholm Scoring Scale을 사용한다(Lysholm & Gillquist, 1982).

## II. 이론적 배경

### 1. 전방십자인대 해부학적 구조와 손상 기전

슬관절은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 복잡한 구조로 이루어져 있다. 대퇴골에 대한 경골의 전방 전위를 억제하는데 필요한 힘의 75%를 담당하는 전방십자인대는 많은 교원섬유들로 이루어져 있고 슬관절 굴곡 각도 30°, 90° 상태에서는 85%의 힘을 담당한다(Piziali, Sering, Nagel & Schurman, 1980). 이러한 전방십자인대는 대퇴과간 절흔의 외측벽 후상방에서 기원하여 경골극에 부착되어 있는데 대퇴 부착부위는 평균 2cm 정도의 넓이를 이루고 있으며, 후방 경계면은 후방 관절연골면 (posterior condyle articular surface)과 평형하여 불룩한 형태이고, 전방 경계면은 약간 불룩한 모양을 이루고 있다(Shen, Jordan & Fu, 2007; Ellison & Berg, 1985). 후방 관절연골면도 2~3mm 전방이 가장 치밀한 교원 섬유속을 이루고 있으며, 모든 섬유속들은 경골극 부착 부위 근처에서 내측, 외측 정방으로 부채살 형태가 최대로 산개하기 때문에, 경골 부위의 부착 넓이는 약 3cm 정도에 이른다. 산개된 일부 전방십자인대 섬유속은 외측 반월상연골 전각부에 부착하고, 후방 섬유속 일부분은 후각부에 부착하게 된다(Petersen & Zantop, 2006; Ellison & Berg, 1985).



그림 1. 슬관절(Knee joint)의 구조 (서울아산병원)

Shen, et. al(2007)의 연구를 살펴보면 전방십자인대 길이는  $31 \pm 3\text{mm}$ , 넓이  $10 \pm \text{mm}$ , 두께  $5 \pm 1\text{mm}$ , 부피  $2.3 \pm 0.4\text{mm}^3$ 로 안정된 구조로 이루어져 있으며, 정상적 기능인 다축성의 응력에 잘 견디는 특성을 가지고 있다(김려섭, 2000). 또한, 슬관절의 내반(varus), 외반(valgus)의 변형력에 대한 이차적인 억제력을 가지고 회전의 축을 이루고, 과신전과 회전을 제한하며 안정성을 유지하는 기능도 담당하고 있다



(Christ Kramed, 1999). 구체적인 기능을 살펴보면, 전내측다발은 슬관절 굴곡 상태에서 긴장 상태를 이루고 있기 때문에 슬관절의 전방 전이를 억제하며, 후외측다발은 슬관절 신전 상태에서 가장 긴장되어 슬관절의 과신전을 방지한다(Cabaud, 1983).

경대퇴 관절(tibiofemoral joint)은 굴곡 및 신전 운동과 그 축을 중심으로 회전 운동을 허용하는 변경된 경첩 관절이며, 고관절의 위치에 따라  $120^{\circ} \sim 160^{\circ}$  정도의 무릎 굴곡이 일어나고, 신전은  $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$  정도 과신전이 일어나기도 하는데, 회전의 정도는 무릎관절의 위치에 의해 완전히 신전한 상태에서는 완전 잠김 자세(closed packed position)가 되어 회전이 일어나지 않고,  $90^{\circ}$  굴곡한 자세에서는 경골이 외측으로  $40^{\circ}$ , 내측으로  $30^{\circ}$  정도 회전이 가능하다(Jenkins, 2002). <그림 2>에서 보는 바와 같이 경대퇴 관절은 내측과 외측을 축으로 전후방 방향으로 굴곡과 신전이 일어나고, 전방과 후방을 축으로 내외측 방향으로 움직이면서(varus-valgus) 사하를 축으로 내측회전(internal rotation)과 외측 회전(external rotation) 운동이 일어나는 자유도 6을 갖는 관절이다(Goodfellow & O'Conner, 1978).

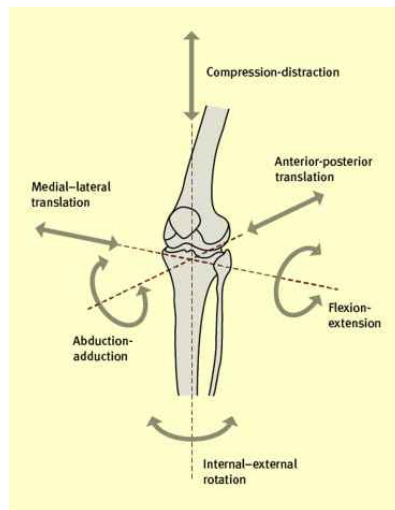


그림 2. 자유도 6의 무릎관절

이러한 전방십자인대는 무릎에서 가장 일반적으로 손상되는 인대 중 하나로(Barry et al., 2000) 다양한 스포츠 활동에서 발생 될 수 있으며, 치료하지 않을 경우 반월판 연골(meniscus)의 손상, 슬관절의 회전 불안정성 등의 심각한 결과가 후유증으로 나타날 수 있다. 이러한 전방십자인대 손상은 비접촉 손상, 접촉 손상, 근력의 불균형으로 구분할 수 있다. 비접촉 손상은 전방십자인대 손상의 80%를 차지하고 있으며, 어떠한 물체나 사람에게 접촉하지 않고 발생하는 것을 뜻한다(윤성원, 2002). 이는 주로 스포츠 활동 중에 발이 지면에 고정되어 있을 때, 비틀림(twisting), 감속(deceleration), 과신전(hyper extension) 등의 하강 손상으로 발생한다(Shelbourne & Daveis, 1999). 접촉 손상은 어떠한 물체나 사람에게 접촉함으로 발생하는 것으로

특히, 축구와 농구 경기에서 부딪침으로 인한 외전(valgus)에서 발생하며, 다른 구조물의 손상을 많이 동반한다(김주오, 1989). 근력의 불균형은 유연성의 결핍 및 불균형적인 근력발달로 인한 건, 인대, 근육 등의 높은 상해 가능성을 지적하고 있다.

슬관절의 경우에는 좌·우측 근력 차와 굴근과 신근의 불균형적 발달이 주요 원인이 되며, 슬괵근과 대퇴사두근에서 발휘되는 근력의 차가 클 때, 해부학적으로 약하게 형성된 슬괵근은 슬관절 손상의 원인으로 보고되고 있다. 또한, 양쪽 하지 근력 차가 10% 이하일 때 약한 부위에 좌상의 발생빈도가 높게 보고되고 있다(Nicholas, Strizak & Veras, 1976). 대퇴신근에 대한 대퇴 굴근력의 비율이 60% 이하일 때 슬관절 주변 인대 및 연골 파열, 근육통의 가능성이 높다고 하며 부하속도에 따라 그 비율이 50%에서 75% 이하로까지 다양하게 보고하였다(Burdett & Van Swearingen, 1987). 또한, Seering, Piziali, Nagel & Schurman(1980)은 전방십자인대의 손상 기전으로 빠른 성장(rapid growth), 근육 불균형(muscle imbalance), 비유연성(inflexibility), 구조적 취약성(structural vulnerability), 과사용(overuse), 동적과부하(dynamic overload), 충격면(contact of impact)을 제안하기도 하였다.

## 2. 전방십자인대 재건술

전방십자인대가 손상을 받게 되면 관절의 회전 불안정성이 발생하며, 주위 구조물의 동반손상과 함께 슬관절의 이차적인 퇴행성 관절염 등의 후유증이 나타나는 심각한 결과가 초래된다(Yu & Garrett, 2007). 따라서, 전방십자인대 손상 후 관절의 기능 회복을 위해서는 <그림 3>과 같이 손상된 인대 수술을 시행하는 것이 바람직한데, 이러한 전방십자인대 재건술의 치료 목적은 슬관절 안정성 회복, 근력의 정상 수준으로 회복 및 구조적 복원이다(Feagin & Curl, 1998). 또한, Hey-Grove가 1917년 처음 보고한 이후로 이식물 고정기술의 발달, 관절경 기술의 발전, 효과적인 재활운동의 도입으로 전방십자인대 손상 치료 분야에 있어서 가장 효과적인 방법으로 인정받아 왔으며, 서구에서는 년 100,000명 이상이 재건술을 받을 정도로 보편화되어 있다(민병훈, 김상훈, 2000).

전방십자인대 재건술의 기본원칙은 전방십자인대를 대체하는 조직의 강도가 정상 십자인대 강도 이상으로 강하고, 매우 튼튼하게 고정할 수 있어서 수술 후 곧바로 재활운동의 제한이 없어야 한다(김상훈 등, 2000).

전방십자인대 재건에 있어 슬개골건과 슬괵건이 주로 사용되는데, 최근까지 골-슬개건-골을 이용한 재건술이 골편을 통한 골과 골 결합을 통해 견고한 초기 고정이 가능하고 강도와 장력이 우수하여, 재활치료 및 조기 운동이 가능해 많이 사용되고 있다(Bach, Tradonsky, Bojchuk, Levy, Bush-Joseph & Khan, 1998; Miller & Gladstone, 2002).

따라서, 자가 슬개건은 전방십자인대 재건 시 뛰어난 치료 결과를 보이는 우수한 이식건이며, 정확한 재건술의 시행과 수술 후 재활은 전방십자인대 재건 후 치료 결과에 이식물의 선택보다 더 중요한 영향을 미친다. 그리고 이식 조직의 선택은

의사의 경험, 기호, 조직이용도, 환자의 선호도 및 활동 정도 등 여러 인자를 고려해야 한다(최성욱, 김명구, 2008).

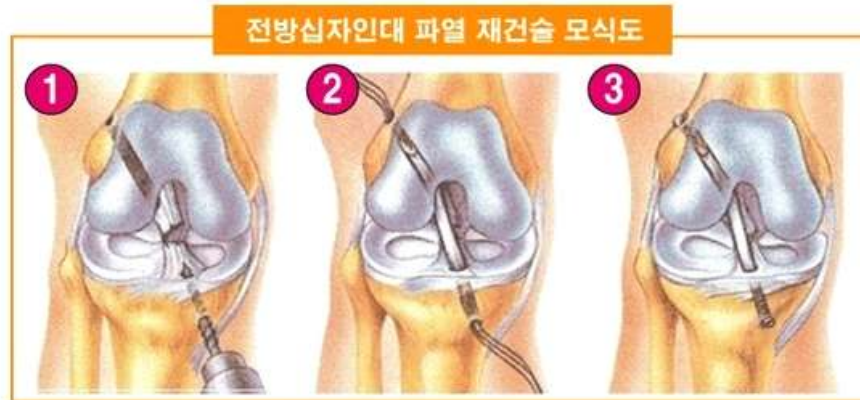


그림 3. 전방십자인대 재건술

### 3. 재활운동

전방십자인대 손상을 입게 되면 부종과 통증으로 인해 근력이 약화 되고 관절 가동범위가 제한되는 등 슬관절의 기능 저하가 나타난다. 일차적으로 재건술 후 재활 치료의 목적은 이식건의 신연(Elongation)이나 손상 없이 관절 가동범위 회복과 수술 전 근력의 조기 회복으로 신체의 균형과 기능을 조절하여 정상 생활에 빨리 복귀하는 것이다(강세윤, 1984; 정영복, 정호중, 남창현, 이용석, 양재준, 2008).

전방십자인대 재건술 후 실시하는 재활운동은 이식건의 정상적인 치유를 도모하여 통증 감소, 슬관절 안정성 향상, 이차적인 손상 위험성 예방 등 최상의 슬관절 기능 회복이 목적인데, 이 과정에서는 이식건의 콜라겐 생성 및 형성을 촉진할 수 있도록 적절한 부하를 유도하는 것이 중요하다. 그리고 이때 발생할 수 있는 과도한 스트레스로부터 이식건이 손상되지 않도록 보호하는 것 또한 중요하다(김려섭, 2007). 이러한 재활운동의 종류에는 근육 강화 운동, 관절 가동 운동, 고유수용감각 기능 운동, 플라이오메트릭 운동, 기능적 운동 등이 있다.

#### 1) 근육 강화 운동

무릎 재활의 초기 목표는 무릎 주위를 감싸고 있는 근육조직의 정상적인 근력 회복이다(Richardson, 1985). 근육은 적당한 자극을 통해 본래의 기능을 유지하는데, 손상으로 인해 완전 이완 상태로 자극을 받지 않으면 초기 매일 5%씩, 고정 시에는 1주에 약 8%씩 근력이 약화된다고(강세윤, 1984). 근육 강화 운동은 초기에 등척성 운동으로 시작하여 등장성 운동, 등속성 운동, 플라이오메트릭, 기능적 운동으로 진행되며, 슬관절 주위의 약화된 근육을 강화시키고 정상 근력을 회복하는 데 목적이 있다(나영무, 2002).

### (1) 등척성 운동(isometric exercise)

등척성 운동은 근섬유의 수축은 일어나나 부하의 이동이 없고 전체 근육의 길이가 변하지 않는 수축으로 손상이나 재건을 받은 부위에 큰 스트레스를 부과하지 않고 근력을 강화할 수 있다. 또한, 근육이 너무 약화되어 중력과 그 밖의 외력을 이겨내지 못할 때 실시할 수 있는 운동으로 근육의 위축을 막아주며, 근육의 수축과 이완을 통한 pumping 작용을 통해 조직 내 삼출액의 순환을 촉진해 부종 완화를 도울 수 있다(Gerald, James & Dave, 2000; 이한준, 박치우, 2011).

### (2) 등장성 운동(isotonic exercise)

등장성 운동은 근섬유의 길이가 변화하는 운동으로 편심성(eccentric) 수축과 동심성(concentric) 수축으로 나누며 관절운동이 일어난다. 주로 점진적 저항운동을 적용하여 실시하며, 가벼운 무게로 횟수를 늘리는 방법이 주로 사용된다. 운동 형태는 닫힌 사슬 운동(close kinetic exercise)과 열린 사슬 운동(open kinetic exercise)으로 나눌 수 있는데, 닫힌 사슬 운동은 관절에 치료적인 힘을 분산시키는 기능적 운동이다. 말초 분절인 발이나 손이 특정 위치 혹은 지면에 고정되어 운동하는 것으로 체중 부하가 이루어지고 인접 관절이 모두 움직이는 것이 특징이며, 운동으로는 스쿼트(squat), 레그프레스(leg press) 등이 있다. 열린 사슬 운동은 말초 분절인 발이나 손이 특정 위치 혹은 지면에 고정되지 않고 자유스럽게 움직이고 체중을 지탱하고 몸체가 손과 발 위에서 움직이며 체중 부하 없이 운동할 수 있으며, 해당 관절만 움직여 특정 부위 근육만을 강화시킬 수 있다. 운동으로는 레그 컬(leg curl) 등이 있다. 운동 초기에는 슬관절에 많은 스트레스를 줄 수 있기 때문에 열린 사슬 운동은 바람직하지 않으며, 인접 관절이 모두 움직여 주위 근육들을 동시에 수축할 수 있도록 하는 닫힌 사슬 운동이 더 안정적인 운동이라고 할 수 있다(Brotsman & Kevin, 2003; 다(Gerald, et. al., 2000). 또한, 최적의 결과를 얻기 위해서는 닫힌 사슬 운동과 열린 사슬 운동을 병행해야 한다.

### (3) 등속성 운동(isokinetic exercise)

등속성 운동은 재건술 후 기본적인 근육 강화가 완성되고 재활 후기에 70% 이상 회복되면 재활에 적용하며 일상으로의 복귀를 판단하는 기준으로 사용되는데, 미리 정해 놓은 속도(a pre-selected fixed speed : PSFS)를 이용하여 관절 가동범위 내에서 움직이는 동안 모든 각도에서 일정한 저항을 받으며 근력을 발생시키는 운동을 지칭한다(나영무, 2002; 조종현, 박원하, 1999). 다양한 각속도에서의 정밀한 근 기능 검사를 이행할 수 있고, 그 결과를 토대로 근력 강화가 필요한 부분에는 근력 강화 훈련을, 치료가 필요한 부분에는 치료를 제공할 수 있다.

등속성 운동은 등척성 운동과 등장성 운동의 단점을 보완하고 전체 동작범위에서 최대로 발휘한 힘이 저항으로 작용하므로 어떠한 관절 각도에서도 최대 부하량이 유지되는 장점만을 이용한 시도이다. 또한, 주어진 힘을 초과하지 않고 관절에 대한 압력을 감소시킬 수 있어 부종(swelling)과 통증(pain)을 최소화하기 때문에 슬관절

근기능 향상에 대한 운동 중 임상적으로 안전하다고 평가를 받고 있다(Davies, 1984).

#### (4) 고유수용감각 운동(Proprioception exercise)

관절 위치의 감각과 관절의 움직임에 포함하는 감각 양상을 고유위치감각으로 정의하는데(현광석, 2000), 관절주위의 인대 손상은 관절의 고유수용성과 기계적인 불안정성을 초래하여 점진적인 손상 및 재손상을 일으키게 된다(정순탁, 황지혜, 제세영, 박원하, 이용택, 김현숙, 2004). 따라서, 손상된 운동 감각을 되살리기 위해 전방 십자인대 재건술 후 실시하는 고유수용성 감각 운동은 가능한 빨리 시작하는 것이 중요하며, 이는 원하는 운동을 더욱 잘 수행할 수 있도록 도움을 주어 근력이 호전될 수 있다(나영무, 2002 ; Hoffman & Patne, 1995; Liuambrose, Mcconkey & Auntion, 2003). 대표적인 운동으로는 한발로 균형 잡기, 탠덤(tandem) 스탠스, 고무밴드 저항성 운동 등이 있다(옥정석, 박우영, 김기홍, 2006).

#### (5) 플라이오메트릭 운동(Plyometric exercise)

플라이오메트릭 운동은 힘과 속도를 조합하고자 하는 재활 후기에 사용되는 훈련으로 근육을 빠르게 편심성 수축(eccentric exercise)을 시킨 후 강력한 원심성 수축(concentric exercise)을 유도하는 것으로 빠른 원심성 이완으로 인한 근육의 편심성 수축조절 기능을 향상시키고 균형과 자세 평형을 향상시킬 수 있다. 대표적인 운동으로는 제자리에서 최대한 빨리 가슴에 무릎이 닿도록 점프하는 Tuck jump가 있다(Duda, 1988; 이한준, 박치우, 2011).

#### (6) 기능적 운동

기능적 운동은 유연성, 근력, 심폐 지구력 등과 같은 손상으로 저하된 속도, 힘, 평형성, 민첩성 등의 기능적 능력을 손상 전 상태로 회복시키고 손상된 부위가 회복되어 정상적인 동작을 할 수 있다는 자신감을 심어주는데, 그 목적이 있다. 운동으로는 수직점프, 왕복달리기, 런지, 8자 달리기 등이 있다.

### 2) 관절 가동 운동

관절 가동 운동은 보조적인 움직임을 회복하여 관절의 통증을 감소시키고, 관절의 움직임을 향상시키거나 제한 그리고 통증이 없이 완전한 관절 가동범위를 확보하기 위해서 실시하는 운동이다. 특히, 수술과 같은 외과적 치료 후의 수술 부위 보호를 위한 고정은 관절 가동범위의 손실과 관절의 경직을 가져온다(Brotzman, 1996). 따라서 관절 가동 운동은 교원섭유의 재배열, 관절 연골에 영양공급, 관절 내 섬유화 방지를 통해 관절이 정상적인 동작을 실행할 수 있도록 회복에 도움을 주며, 능동적 운동, 능동보조운동, 수동적 운동으로 나눌 수 있다.

#### (1) 능동적 운동

보조물이나 보조자 없이 손상을 입은 다리의 힘으로만 움직이는 운동이며, 통증이 없는 범위 내에서 실시하며 점진적으로 범위를 확대해 나간다.

#### (2) 능동보조운동

환자 자신의 힘이나 보조자의 도움으로 관절운동 시 손상당하지 않은 다리와 고무 밴드 등의 도구를 이용하여 통증이 없는 범위 내에서 실시하는 운동이며, 매우 효과적이다.

#### (3) 수동적 운동

수동관절 가동운동기구(CPM device : Continuous Passive Motion)를 사용하여 통증 없이 관절운동을 가능하게 하고 가동범위의 손실을 최소화 및 유지하기 위한 운동으로 수술 후 회복시간과 재활시간을 단축할 수 있다(나영무, 2002).

### 4. 메타분석

1970년대 중반 이후 교육심리학 분야에서 적용하기 시작한 후 다양한 학문 분야에서 광범위하게 이용되고 있는 메타분석은 같은 주제에 관해 수행된 연구들로부터 보편적인 결론을 도출하기 위해 연구결과들을 양적으로 요약 기술하는 방법이다(Glass, 1976). 이러한 메타분석은

첫째, 연구에 대한 핵심질문 설정

둘째, 관련 문헌 검색 및 선정

셋째, 선정된 연구의 질 평가 및 자료 추출

넷째, 효과크기 계산

다섯째, 동질성 검증 및 중재효과분석

여섯째, 결과 해석 및 오류 검증

일곱째, 결론 도출의 단계를 거쳐 결론에 도달하게 되는데(Phan, Tian, Cao, Black & Yan, 2015), 1차 연구를 통해 확보하기 어려웠던 정확성을 높일 수 있고(Silva-Fernández & Carmona, 2019), 개별 연구들을 종합적으로 분석하고, 양적 연구결과를 추출하여 효과크기를 제시함으로써 연구결과 해석에 객관적이라는 장점을 지니고 있다. 또한, 위의 단계처럼 절차와 과정이 투명하며, 연구결과의 오류 및 왜곡을 최소화하고 있다. 이에 대해 오성삼(2007)은 메타분석을 수행하기 위한 3가지 조건을 제시하고 있다.

첫째, 연구를 수행하고자 하는 주제와 관련된 선행 연구들의 수가 충분하게 축적되어 있어야 하며, 연구물 수집에 어려움이 없어야 한다. 둘째, 분석대상은 양적 연구이다. 셋째, 실험 및 통제집단의 평균과 표준편차 그리고 사례 수와 유의도 수준을 밝힌 연구여야 하며, 혹, 이러한 정보가 제시되어 있지 않더라도 *t*검정, *F*검정, 상관계수(*r*) 등으로 통계값이 제시된 경우, 이를 효과크기로 고쳐서 사용해야 한다.

하지만 이러한 장점들에도 불구하고 연구특성이 다른 연구들을 대상으로 분석했을 때는 무의미한 결론을 도출할 수 있어, 다음과 같은 사항들을 유념해야 한다. 첫째, 분석대상은 동일한 핵심질문으로 이루어진 문헌이어야 한다. 둘째, 광범위한 자료일 경우 의미 없는 결과가 도출될 수 있다. 셋째, 분석대상 문헌의 편향 위험(대상군 선정, 보고 편향 등)이 심할 경우 결과를 신뢰할 수 없다. 넷째, 책상 서랍의 문제(file drawer problem)를 고려해야 한다. 출판되지 않은 논문이 출판된 연구보다 효과크기가 더 작으며, 그 차이는 통계적으로 유의하게 나타났다 따라서, 출판된 연구뿐만 아니라 학회 초록집, 연구보고서 등 미출판 연구도 포함해서 분석을 실시해야 한다. 다섯째, 비독립적인 결과의 결합(combining non-independent results) 문제를 고려해야 한다. 동일한 연구를 중복으로 출간하지 않은 경우보다 중복으로 출간한 경우 표본 크기가 커지고 표준오차에 영향을 줄 수 있다(Hemilä, 2019; Voracek, Kossmeier & Tran, 2019). 따라서, 연구물의 중복 여부를 사전에 검증해야만 이러한 오류를 차단할 수 있다.

### Ⅲ. 연구방법

이 연구는 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 검증하기 위해 메타분석 방법을 적용하여 밝히는 것이 목적이다. 따라서, 선행 연구들을 수집하고 선정하기 위한 방법 및 절차를 기술하고 다음으로 메타분석 과정에서 일반적으로 적용하고 있는 통계적 방법을 기술한 후 이들 통계치를 계산 혹은 검증하는데 적용된 컴퓨터 프로그램을 제시하였다.

#### 1. 연구의 설계

연구의 설계방식은 한국보건의료연구원(2011)에서 제시한 체계적 문헌 고찰 연구 과정에 따라 본 연구에 맞게 설정하였다<그림 4>. 연구 설계과정에서 문헌 검색은 본 연구의 목적에 맞는 실험연구가 이루어진 연구로 하되, 출판일은 제한하지 않았다.

첫째, 핵심질문은 PICOTS-SD(Participants, Interventions, Comparisons, Outcomes, Time, Setting, Study design)의 기준을 이용하여 구체화하였다.

둘째, 분석대상 연구물의 범위를 선정하고 수집하였다.

셋째, 개발한 코딩 표 및 매뉴얼을 통해 선정된 연구자료들의 특성을 코딩하였다.

넷째, 문헌의 질 평가를 실시하고 체계적 문헌 고찰 및 메타분석을 실시하였다.

다섯째, 분석 결과를 통한 결론을 도출하였다. 연구결과의 기술은 PRISMA에 따라 수행하였다.



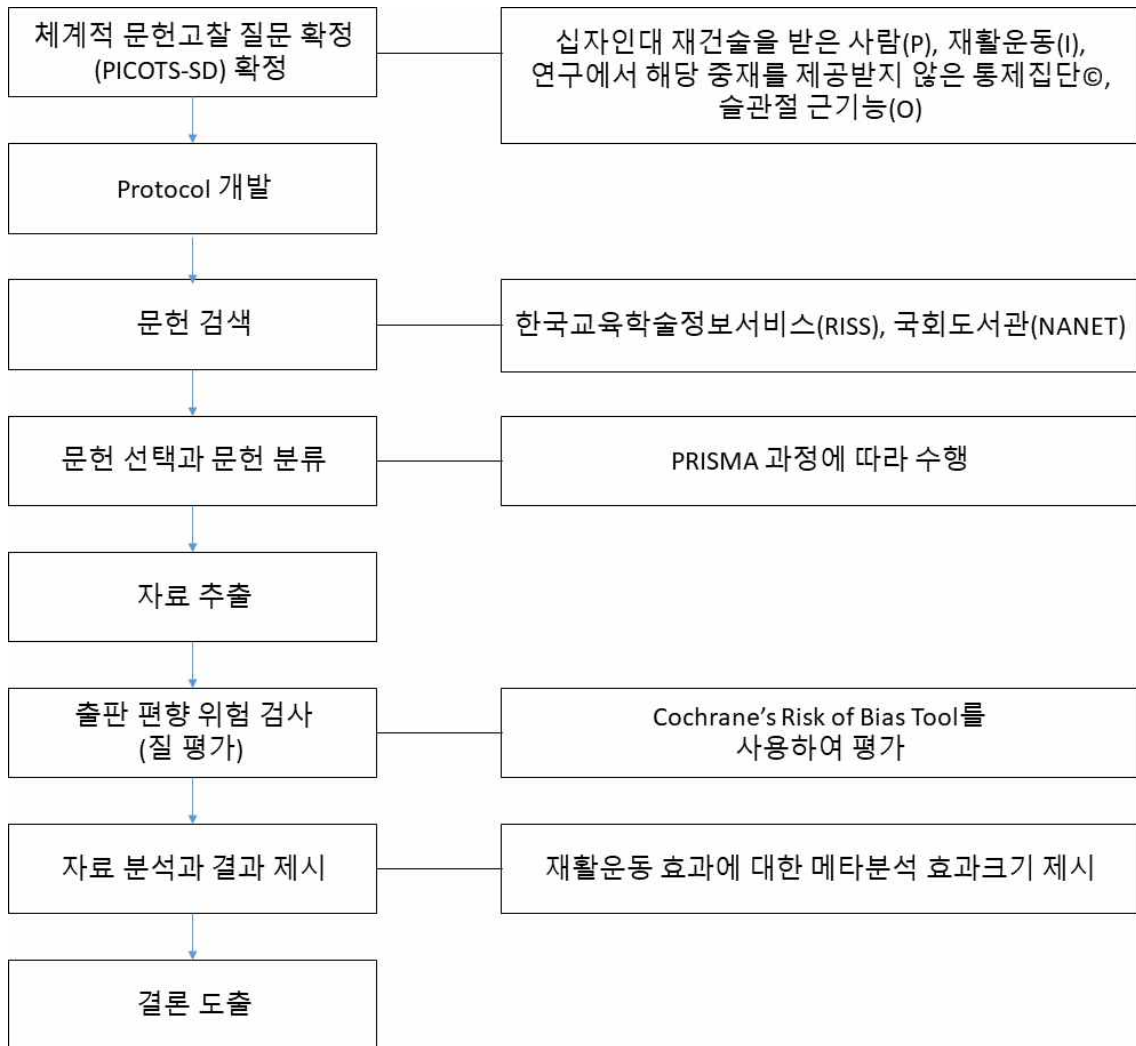


그림 4. 연구의 흐름도

## 2. 자료 수집 및 선정

본 연구는 전방십자인대 재건술 후 재활운동 효과를 검증하기 위해 대상 논문의 검색에 앞서 분석대상 선정기준 영역의 범위를 잡기 위해 PICOTS-SD 전략을 사용하였으며, 자세한 내용은 <표 1>과 같다.

표 1. PICOTS-SD에 따른 연구전략

PICOTS-SD	내용
중재대상(Participants)	전방십자인대 재건술을 시행한 사람
중재내용(Intervention)	재활운동
비교군(Comparison)	각 연구에서 해당 중재를 제공받지 않은 통제집단, 중재없음, 최소한의 중재 등
종속변수(Outcomes)	슬관절 근기능 검사, 슬관절 기능지수
중재기간(Time)	제한하지 않음
중재세팅(Setting)	제한하지 않음
연구설계(Study Design)	제한하지 않음

### 1) 문헌 검색 방법

전방십자인대 재건술 후 재활운동 효과를 검증한 국내 문헌 자료의 검색은 한국 교육학술정보서비스(RISS), 국회도서관(NANET)의 검색엔진을 이용하였다. 관련 문헌 검색을 위한 검색어는 ‘전방십자인대’와 ‘전방십자인대 재건술’을 사용하였다. 검색대상 문헌은 학위논문과 학술지에 게재된 논문 모두를 대상으로 하였다.

### 2) 문헌 선정 방법

검색 및 확인된 관련 문헌으로부터 최종 메타분석에 포함될 논문자료를 선정하는 과정에서 다음과 같은 사항이 고려되었으며, 기준은 <표 2>와 같다.

첫째, 검색된 문헌 자료를 살펴보면 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 규명한 연구는 실험연구와 질적 연구, 문헌 고찰, 사례연구 등으로 구분할 수 있을 것이다. 이 중 질적 연구, 문헌 고찰, 사례연구 등은 효과크기 변환이 가능한 통계치를 제시하고 있지 않으므로 연구 주제가 동일하더라도 분석 연구대상에서는 제외하였다.

둘째, 실험설계는 무작위대조실험(RCT)과 사전사후검사설계로 이루어진 연구를 선정하여 분석하였으며, 다른 실험유형은 배제하였다.

셋째, 효과크기를 산출하기 위해서는 각 집단별로 사례 수( $n$ )와 평균, 표준편차가 요구된다. 그리고 메타분석 과정에서 요구되는 효과크기의 불편파추정치(unbiased estimate)를 산출하기 위해서도 사례 수가 필요하다. 따라서, 평균과 표준편차를 제시한 연구들을 사용하여 분석하였다. 그러나 이 연구에서는 평균과 표준편차 대신 사례 수와  $t$ 값만을 제시한 연구라 할지라도 효과크기의 산출이 가능하기 때문에 메타분석 자료로 포함하였다.

넷째, 학위논문과 학술지 게재논문이 중복된 경우에는 학위논문을 제외하고 학술지 논문을 분석 대상연구로 선정하였다. 이는 학술지 게재 논문은 학위논문보다 전공 분야의 심사자들에 의해 검토와 검증이 이루어지고 있기 때문이다. 단, 학술지 논문의 정보가 부족한 경우에는 학위논문을 선정하였다.

다섯째, 온라인으로 원문을 열람할 수 있는 논문만 포함하였다.

표 2. 분석대상 논문의 포함 및 배제 기준

구분	포함기준	배제기준
중재내용	재활운동	재활운동 이외에 물리치료만 이루어진 경우
종속변인	슬관절 근기능 검사 슬관절 기능지수	관계없는 변수
연구설계	무작위대조실험 사전사후검사설계	다른 실험설계 유형
연구대상	전방십자인대 재건술 후 재활운동에 참여하는 사람	전방십자인대 재건술 전 재활에 참여하는 사람 신체, 심리, 인지, 건강 문제가 있는 대상
효과크기	평균, 표준편차, 사례수, $t$ 값이 제시된 연구	데이터가 사라진 연구
출판언어	한국어	다른 언어
출판연도	제한하지 않음	
출판유형	학술지, 학위논문(학술지의 정보가 부족할 경우)	학위논문, 2인 이상 심사를 받지 않은 연구
기타		원문을 볼 수 없는 연구(초록만 발표된 연구 등), 고찰연구 및 사례연구, 프로그램 개발 연구 등

### 3) 문헌선정 과정 및 절차

전방십자인대 재건술 후 재활운동 효과를 검증하고자 실시한 본 연구는 2002년 01월 01일부터 2013년 12월 31일까지 게재된 국내 학술지 및 학위논문 총 12편을 대상으로 하였다.

문헌 검색 전략과정에서 출판일에 대한 제한은 두지 않았지만, 최근에 출판된 연구들이 본 연구의 분석에는 포함되지 않았다. 이러한 결과는 최근 보고된 연구들에는 본 연구의 종속 변인인 슬관절 근기능과 슬관절 기능지수를 함께 측정하여 그 결과를 보고한 연구들이 없었기 때문이다.

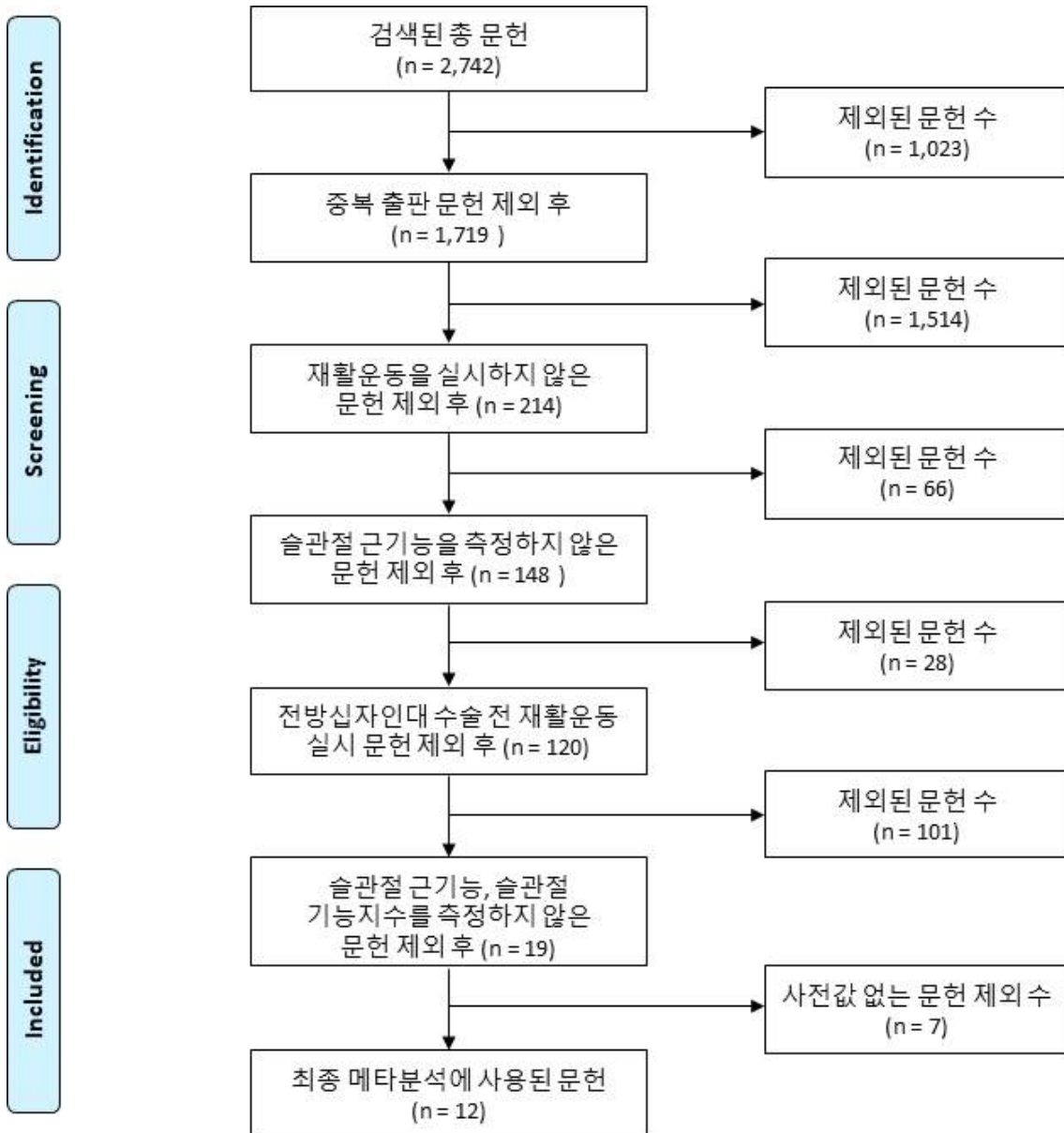


그림 5. 메타분석을 위한 논문 선정 과정 및 결과

문헌 검색 전략과정을 통해 2,742편이 검색되었으며, 선정 과정 및 결과는 <그림 5>와 같다. 먼저 1차 선정된 논문 2,742편 중에서 중복 논문 1,023편, 재활운동을 하지 않은 문헌 1,514편, 총 2,537편이 제외되었다. 다음으로 본 연구의 종속 변인인 슬관절 근기능을 측정하지 않은 문헌 66편, 전방십자인대 수술 전 재활운동을 실시한 문헌 28편 총 94편이 제외되었다. 끝으로 슬관절 근기능과 슬관절 기능지수를 함께 측정하지 않은 문헌 101편, 사전값이 제시되지 않아 효과크기를 변환할 수 없는 문헌 7편 총 108편이 다시 제외되었다. 이러한 과정을 거친 후 최종적으로 12편의 논문이 선정되었다.

### 3. 연구의 질 검증

본 연구 내용에 대한 분석을 거쳐 선별된 문헌을 대상으로 최종적으로 문헌의 질 평가를 수행하였다. 이는 재활운동의 효과에 관한 각 문헌의 연구가 오류가 없고 과학적으로 타당하며, 본 연구의 목적에 적합한지를 판단하는 과정이다(Salameh, McInnes, Mother, McGrath, Frank & Bossuyt, 2019). 문헌의 질은 편향 위험을 평가할 것이며, 연구의 평가를 위해 Cochrane 연합에서 개발한 Cochrane's Risk of Bias Tool(비뚤림 위험 평가 도구)을 이용하였다(Cooper, Kirkpatrick & Florida-James, 2019).

Cochrane's Risk of Bias Tool은 각 연구가 편향 위험의 특정 영역을 만족하는지 개별적으로 평가하는 대표적 평가 도구이며, 질 평가 시에는 RevMan(Review Manager) 소프트웨어(Ver. 5.0)를 이용하여 관련 정보를 기록하였다. Cochrane's Risk of Bias Tool의 평가 항목은 '무작위 배정순서 생성(Random sequence generation)', '할당 은닉(Allocation concealment)', '참여자의 눈가림(Blinding of participants and personnel)', '결과 평가의 눈가림(Blinding of outcome assessment)', '불완전한 결과 데이터(Incomplete outcome data)', '선택적 결과 보고(Selective reporting)', '기타 비뚤림(Other bias)'의 7가지 항목이다. 각 항목의 편향 위험 정도는 낮음, 높음, 불확실 세 가지로 평가한다(Sterne, Savović, Page, Elbers, Blencowe, Boutron & Emberson, 2019). 문헌의 질 평가는 본 연구자와 스포츠 의학 교수 1인에 의해 독립적으로 수행하였으며, 의견의 불일치가 있는 경우 충분한 논의를 통해 결과를 수렴하였다.

재활운동의 효과에 관해 선정된 총 12편에 관한 연구의 질 평가가 이루어졌다. '무작위 배정순서 생성' 영역의 위험은 불확실 12편(100.0%)으로 평가되었다. '할당 은닉' 영역의 위험은 낮음 1편(8.3%), 불확실 11편(91.7%)으로 평가되었다. '참여자의 눈가림' 영역의 위험은 불확실 4편(33.3%), 높음 8편(66.7%)으로 평가되었다. '결과 평가의 눈가림' 영역의 위험은 불확실 12편(100.0%)으로 평가되었다. '불완전한 결과 데이터' 영역과 '선택적 결과보고' 영역의 위험은 각각 낮음 12편(100.0%)으로 평가되었다. '기타 비뚤림' 영역의 위험에서는 12편의 연구 모두 불확실로 평가되었으며, 자세한 내용은 <그림 6>, <표 3>과 같다.

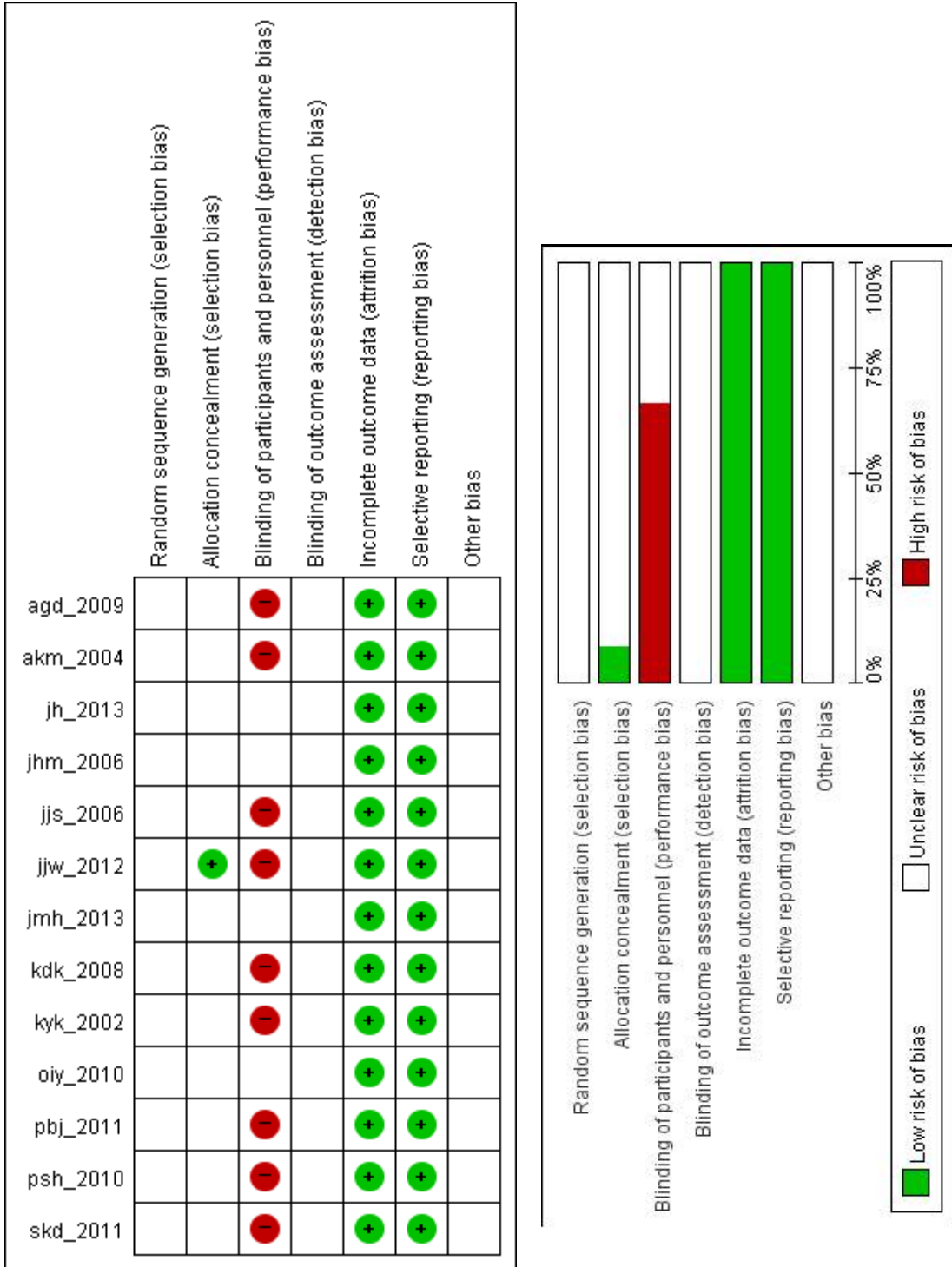


그림 6. 선정된 문헌의 질 평가

표 3. 선정된 연구의 Cochrane 비뚤림 위험 평가

영역	비뚤림 위험	n	(%)
무작위 배정순서 생성(Random sequence generation)	낮음	0	0
	불확실	12	100.0
	높음	0	0
할당 은닉(Allocation concealment)	낮음	1	8.3
	불확실	11	91.7
	높음	0	0
참여자의 눈가림(Blinding of participants and personnel)	낮음	0	0
	불확실	4	33.3
	높음	8	66.7
결과 평가의 눈가림(Blinding of outcome assessment)	낮음	0	0
	불확실	12	100.0
	높음	0	0
불완전한 결과 데이터(Incomplete outcome data)	낮음	12	100.0
	불확실	0	0
	높음	0	0
선택적 결과보고(Selective reporting)	낮음	12	100.0
	불확실	0	0
	높음	0	0
기타 비뚤림(Other bias)	낮음	0	0
	불확실	12	100.0
	높음	0	0

#### 4. 자료의 코딩방법

선행 연구와 체계적 문헌 고찰 가이드라인(Cooper, Hedges & Valentine, 2019)을 참고하여 본 연구의 목적에 맞도록 코드북을 개발하였다. 연구의 일반적 특성과 재활운동의 중재 특성을 기준으로 아래 <표 4>와 같이 코딩하였다.

표 4. 분석대상 논문 코딩 변수 및 내용

No	코딩항목	내용
1	번호(No)	대상논문 ID
2	저자(Author)	제1 저자명
3	출판연도(Year)	논문이 발행된 연도
4	연구설계(Design)	무작위대조실험, 사전사후검사설계
5	성별(Gender)	남자, 여자, 남녀 혼합
6	평균연령(Mean_age)	연령 ±SD
7	연령 그룹(Age_group)	청소년, 성인, 노인
8	중재시간(Time)	회당 중재 시간 : 90분 미만, 90분 이상
9	중재빈도(Frequency)	주당 중재 횟수 : 주 3회 미만, 주 5회 이상
10	중재기간(Duration)	중재 프로그램 제공 기간 : 12주 이하, 13주 이상
11	중재인원수(Number)	각 집단의 인원수
12	종속변수(Outcome)	슬관절 근기능 검사(환측 굴근력, 환측 신근력) 슬관절 기능지수
13	출판유형	학술지 게재 논문, 학위논문

코딩은 코딩 작업자 간 신뢰도를 확보하기 위해, 전공 교수 1명, 연구자 1인 총 2명이 참여하였다. 코딩 작업에 앞서, 코딩 메뉴얼을 익히고 논문을 예비 코딩하여 불일치 여부를 확인하고 상호 이견이 있는 사례의 경우 토의를 거쳐 합의하여 코딩을 실시하였다.



## 5. 중재 변인(moderator variable)의 선정

선택된 문헌의 연구를 대상으로 동질성 검사 결과, 각 연구에서 산출된 효과크기가 이질적인 것으로 나타날 경우, 그 이질성의 원인 파악을 위해서 평균 효과크기에 영향을 미치는 변인, 즉, 대상자특성과 중재특성에 따라 하위범주를 사용하여 분석을 실시하였다. 중재 변인의 효과 차이를 검증하는 방법으로는 다중회귀분석방법과 일원변량분석방법(ANOVA)이 제안되고 있는데(Hedges & Olkin, 1983), 이 연구에서는 사용된 중재 변인들이 모두 범주 변인(Categorical variable)에 해당하기 때문에 일원변량분석방법을 적용하였다.

중재 변인은 그동안 다양한 분야에서 실험 처치 효과를 검증하기 위해 수행되었던 선행 메타분석 연구(박윤희, 2015; 이혜진, 2017)들을 참고하여 7개의 변인을 선정하였다. 선정된 중재 변인 범주는 다음과 같다.

- ① 성별 (남자, 여자, 남녀 구분 없이 혼합)
- ② 연령 (청소년, 성인, 청소년과 성인 구분 없이 혼합)
- ③ 운동시간 (90분 미만, 90분 이상)
- ④ 운동빈도 (주 3회 미만, 주 3회 이상)
- ⑤ 운동기간 (13주 미만, 13주 이상)
- ⑥ 인원 (10명 미만, 10명 이상)
- ⑦ 출판유형 (학위논문, 학술지 게재 논문)

성별의 하위범주는 연구대상이 남자와 여자로 구분된 연구도 있었으나 성별의 구분 없이 수행된 연구들도 다수 존재하여, 남자와 여자의 구분이 이루어지지 않은 연구는 남녀 혼합으로 분류하였다. 연령의 경우 청소년 13~19세, 성인 20~60세까지로 분류하였으나 연령의 구분 없이 수행된 연구들도 다수 존재하여, 연령의 구분이 없이 수행된 연구는 청소년과 성인 혼합으로 분류하였다. 운동시간과 인원은 전방 십자인대 재건술 후 재활에 관련된 연구에서 구분한 범주를 참고하여 분류하였으며, 운동빈도와 기간은 근육 특정 생화학적, 미토콘드리아 및 신경학적 적응이 일어나도록 하기 위해서는 모든 운동 훈련프로그램이 충분한 빈도와 기간 동안 수행되어야 한다는 사실에 근거하였다(ACSM, 1998; Morrissey, Harman & Johnson, 1995; Ploutz, Tesch, Biro & Gary, 1994). 재활운동의 경우 대부분의 연구에서 가속화재활 운동을 사용하였으며, 가속화재활운동 프로토콜의 경우 슬관절 수동적 신전(Manjine & Noyes, 1992), 조기의 관절 운동(Fu, F. H., Woo, S. L-Y & Irrgang, J. J., 1992; Manjine & Noyes, 1992; Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Andrews, J. R., Clancy, W. G., Lemak, L., Erber, D., & Hinger, D., 1992)을 포함하고 있으며, 조기 신골곡근 강화 운동을 통한 민첩성 훈련, 근신경계 재활 및 고유감각 기능훈련, 관절의 동적 안정성 회복, 근육 강화훈련 등을 포함(Shelbourne & Nitz, 1990)하고 있으므로 중재 변인에서 제외하였다.

## 6. 자료 처리 및 분석 방법

전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과와 관련된 각 문헌에 대한 대상자특성과 중재 특성을 기술한 특성 표를 작성한 후 빈도분석을 시행하였으며, 이를 통해 재활운동 효과의 동향을 파악하였다. 본 연구에서 실시하는 메타분석의 주된 목적은 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 파악하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 먼저 출판편향을 검증하였으며, 재활운동의 효과에 대해 각 변인별 효과크기를 구하여 재활운동 효과에 대해 총체적으로 검토하였다.

또한, 각 변인별 평균 효과크기에 영향을 주는 변인, 즉, 이질성을 검증하기 위해 앞서 제시한 중재 변인의 영향력을 검증하고자 하였다. 이를 위해 중재 변인 분석을 수행하였다<그림 7>. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 효과크기 분석은 미국 Biostat Inc의 메타분석 전용프로그램 CMA Version 3.0을 활용하여 분석하였다.

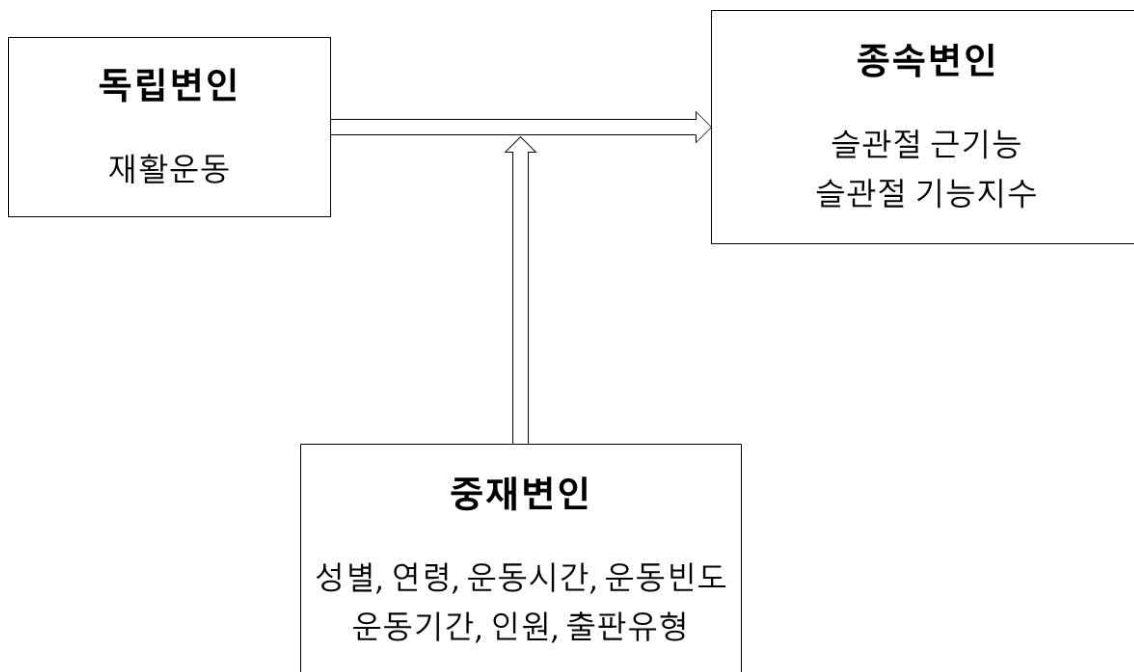


그림 7. 메타분석을 통한 재활운동의 효과 검증 연구모형

### 1) 효과크기(ES)

효과크기는 표준평균차이(standardized mean difference: d)로도 부르며, 서로 다른 척도를 사용한 동일 분야 주제 연구들의 결과를 종합하기 위한 표준화된 척도이고 메타분석을 가능하게 해 주는 단위이다. 또한, 다양한 통계적 수치로 표현된 선행 연구들의 결과를 통합·비교가 가능하도록 공통의 단위로 변환시켜 놓은 것이다(황성동, 2014). 실험집단과 통제집단 간의 표준평균 차이를 계산하기 위해서는 두 집단의 평균 차이 즉, 실험집단의 평균이 통제집단의 평균에서 떨어져 있는 거리를 집단이 표집된 전집의 표준편차로 나누면 된다. 만일 전집의 표준편차가 알려져 있지 않다면 이를 몇 가지 다른 방법으로 추정할 수 있다. 전집의 표준편차를 추정하는 방법 중 일반적으로 잘 알려진 방법으로 다음과 같다.

$$Cohen's\ d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{pooled}}$$

$$Glass's\ \Delta = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{control}}$$

$$Hedges' g = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S^*_{pooled}}$$

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X}_1 - \bar{X}_1)^2 + \sum(\bar{X}_2 - \bar{X}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad SD^*_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)SD_1^2 + (n_2 - 1)SD_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

여기에서 산출된 효과크기는 평균을 0, 표준편차가 1인 일종의 표준점수로서 크기와 방향을 나타내 준다. 근래 효과크기를 계산하기 위해 표준편차는 통합표준편차(Spooled)와 비교집단의 표준편차(Scontrol)를 사용해왔으나, 최근 메타분석 연구에서는 통합표준편차가 주로 사용되고 있다. 그러나 위에 제시된 세 가지 공식 중 어느 하나를 선택하기 위해서는 각 연구에 제시된 집단별 표준편차를 면밀하게 검토할 필요가 있다. 만일 각 집단의 표준편차가 거의 유사하다면 이들 집단은 공통적인 전집의 표준편차를 추정하고 있다고 가정할 수 있기 때문에 이 경우에는 아래에 제시된 공식에 제시된 바와 같이 통합표준편차 즉, 두 집단의 표준편차를 통합하여 Cohen의 d를 산출할 수 있다.

$$ES = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{pooled}} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}}$$

$\bar{X}_1$  : 실험집단의 평균

$\bar{X}_2$  : 비교집단의 평균

*Spooled* : 통합표준편차

$n_1$  : 실험집단의 사례수

$n_2$  : 비교집단의 사례수

$S_1^2$  : 실험집단의 변량

$S_2^2$  : 비교집단의 변량

평균치( $\bar{X}$ )와 표준편차(s)가 보고되지 않는 경우  $t$ ,  $F$ ,  $r$ 과 같은 통계적 검증결과가 제시된 연구자료에 대한 효과크기의 산출방법은 다음과 같다.

- $t$ 검증통계치와  $n$ 이 제시된 경우:  $ES = t \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$
- $F$ 검증통계치와  $n$ 이 제시된 경우:  $ES = 2 \sqrt{\frac{F}{n_1 + n_2}}$
- 두 집단의  $Z$ 가 제시된 경우:  $ES = Z_1 - Z_2$

## 2) 효과크기의 교정치(C), 표준오차(SE)와 신뢰구간(CI)

Hedges의  $g$ 는  $d$ 가 표본 수에 의해 영향을 받는다는 점을 고려하여 이를 교정한 계산공식이다. 효과크기의 변산도는 표본 수가 적을 때 정적으로 편포되지만 표본 수가 20명을 초과할 때는 편포 정도가 20% 이하로 낮아진다(Hedges, 1981). 따라서 표본 수가 적을 때 나타날 수 있는 편포성 문제를 교정할 필요가 있다. Hedges(1981)는 불편과추정치(unbiased estimate)를 산출하기 위해 다음과 같이 교정요인(C)을 효과크기에 곱하는 방법을 제안하였다(Hedges, 1981; Hedges & Olkin, 1985).

$$Hedges\ g = d \left[ 1 - \frac{3}{4(n_1 + n_2) - 9} \right] = C = 1 - \frac{3}{4_m - 9}$$

C : 교정요인

① 통합추정치가 표준편차로 사용될 때  $m = n_E + n_C - 2$

② 범주변인에서 통합추정치가 사용될 때  $m = n_1 + n_2 - 2$

한편 효과크기 편포성을 교정했는지라도 교정치의 변산도 크기는 표본 수의 크기에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 표본 수가 클 경우, 적을 때 보다는 효과크기의 변량이 상대적으로 적게 나타남으로써 효과크기 추정치의 정밀도(precision)는 높아진다. 따라서 표본 수가 많은 연구는 적은 연구보다 가중치를 부여해야 한다. 가장 간단한 방법은 표본 수에 따라 각 효과크기의 가중치를 부여하는 것이고 적절한 방법은 변량 역수의 가중치(inverse variance weight)를 부여하는 것이다. 한편 효과크기의 정밀도를 나타내는 지수로 사용되고 있는 표준오차(SE)는 신뢰구간(CI)을 설정하는 데 사용한다. Hedges(1981)에 의하면 표준오차가 적을수록 효과크기는 보다 정밀하며 메타분석을 위한 최적 가중치(w)는 표준오차의 제곱(즉, 변량)의 역수라고 제안하였다. 이 연구에서 산출한 표준평균 차이( $ES_{sm}$ )의 변량 역수 산출 공식은 다음과 같다.

$$se = \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{\overline{ES}_{sm}}{2(n_1 + n_2)}}$$

$$w = \frac{1}{se^2}$$

se : 표준오차

$n_1$  : 집단1(혹은 실험집단)의 표본수

$n_2$  : 집단2(혹은 통제집단)의 표본수

$\overline{ES}_{sm}$  : ES의 불편과추정치

w : 변량역수(inverse variance)

효과크기의 가중 평균치(ES)는 다음 공식을 이용하여 산출할 것이다. 즉, 각 연구 별로 산출된 효과크기에 변량 역수(w)를 곱한 값의 합을 w의 합으로 나눈 값이다. 또한 95%신뢰구간(CI : confidence interval)은 앞에서 산출된 효과크기 평균의 표준 오차를 이용하여 산출하였다.

$$\overline{ES} = \frac{\sum(W \times ES)}{\sum W}$$

ES의 가중평균치

$$Lower = \overline{ES} - 1.96(se_{\overline{ES}})$$

$$Upper = \overline{ES} + 1.96(se_{\overline{ES}})$$

### 3) 효과크기의 해석

효과크기의 부호는 실험집단과 통제집단 중 종속 변인의 측정치에서 어느 집단이 더욱 긍정적인 변화를 나타내고 있는지를 보여준다. 실험 처치 결과 처치 효과가 있을 때 실험집단의 평균은 통제집단의 평균보다 높게 나타나며, 효과크기의 값은 정적(+인 값을 보인다. 따라서 효과크기가 정적(+인 값을 갖게 되면 실험집단이 통제집단보다 향상된 결과를 나타냈음을 의미하며, 반대로 부적(-인 값을 갖게 되면 통제집단이 실험집단보다 향상된 결과를 나타냈음을 의미한다.

효과크기의 값은 통계적 검정력을 통해 다음 <표 5>와 같은 범주에 의해 해석된다(Cohen, 1988).

표 5. Cohen의 효과크기 해석 기준

구분	ES <sub>sm</sub>	ES <sub>r</sub>
작은 효과크기	ES <sub>sm</sub> ≤ .20	ES <sub>r</sub> ≤ .10
중간 효과크기	ES <sub>sm</sub> = .50	ES <sub>r</sub> = .30
큰 효과크기	ES <sub>sm</sub> ≥ .80	ES <sub>r</sub> ≥ .50

ES<sub>sm</sub> : 표준화된 평균차(standardized mean differences)로 나타내는 효과크기

ES<sub>r</sub> : 상관관계(correlation)를 통한 분석 방법

이외에 효과크기는 통제집단 백분위를 이용하여 해석할 수 있는데, 통제집단 백분위란 실험집단의 평균치가 통제집단의 평균에서 어느 정도 떨어져 있는 곳에 위치하고 있는가를 백분위로 나타내 준 것이다. 즉, 통제집단 백분위는 실험집단이 통제집단보다 어느 정도 효과가 있는가를 누가 백분율(cumulative percentage)을 이용하여 확인하는 방법이다. 통제집단 백분위는 비중복백분위(Overall percent non-overlap)로 표기되기도 한다. 통제집단 백분위를 사용하기 위해서는 산출된 효과크기가 Hedges의 g가 아닌 Cohen의 d로 계산된 것이어야 한다.

### 4) 동질성(homogeneity: Q)과 이질성(heterogeneity: I) 검증

선정된 연구들로부터 산출된 표본 효과크기가 모집단의 효과크기를 잘 표현하는지 여부를 파악하는 것을 동질성 검증이라고 한다(Cochran, 1954). 이는 Q값으로 제시되는데, Hedges(1982)가 제안한 통계치로 ‘모든 연구의 전집 효과크기는 동질적이다’ 라는 영가설을 검증하기 위한 것이다. 검증통계치 Q는 영가설 하에서 자유도가 n-1인 x<sup>2</sup>분포를 이룬다. 여기에서 n은 효과크기의 수를 의미한다. 산출된 Q값이 x<sup>2</sup> 기준치보다 크면 영가설 즉, ‘모든 연구의 전집 효과크기는 동질적이다.’ 를 부정하고 이질적인 것으로 결정한다. 만일 효과크기 분포가 동질적이라면 효과크기의 크기에 영향을 미치는 변산원(variability source)은 없으며 효과크기의 차이는 단순

히 표집오차에 기인한 것으로 간주하고 분석을 종료한다. 그러나 효과크기 분포가 이질적이라면 효과크기 분포의 변산은 단순히 표집오차에 기인된 것이 아니라 효과크기의 크기에 영향을 미치는 다른 변산원이 있음을 의미한다. 이 경우 연구자는 그러한 차이에 영향을 미칠 수 있다고 가정하고 선정된 중재 변인(혹은 연구특성, moderator analysis)의 효과를 검증한다(박윤희, 2015; Hedges, 1981).

중재 변인의 효과를 검증할 때 어떤 특성 변인이 그러한 효과크기의 이질성에 영향을 미쳤는지를 알 수 없는 즉, 무선변인(random source)에 기인한 것으로 볼 수 있다면 무선효과모형(random effect model)을 적용한다. 반면, 효과크기의 이질성이 어떤 특성 변인의 체계적 차이 때문에 기인한 것이며, 연구에서 선정한 특성 변인에 의해 설명할 수 있다고 판단할 수 있다면 고정효과모형(fixed effect model)을 적용한다(Lipsey & Wilson, 2001). 동질성 검증통계치 Q의 산출 공식은 다음과 같다. 아래의 공식에서 w는 변량 역수(inverse variance)를 의미하며 k는 효과크기가 산출된 연구논문의 수를 의미한다.

$$Q = \sum (w \times ES^2) - \frac{[\sum (w \times ES)]^2}{\sum w}; df = k - 1$$

Hedges & Olkin(1983)은 평균 효과크기에 영향을 미치는 변인, 즉 중재 변인의 효과크기간 차이를 분석하는 두 가지 방법을 제안하였다. 중재 변인이 범주형 변인(성별, 처치프로그램)일 때는 일원변량분석(ANOVA), 연속형 변인(연령, 신장)일 때는 가중회귀분석방법(weighted regression analysis)을 사용한다.

반면, 동질성 검증통계치인 Q는 표본 수의 크기에 따라 통계적 검증력에 차이가 있다는 단점이 있다. 표본 수가 적은 연구의 경우 산출된 Q의 통계적 검증력은 낮지만, 표본 수가 많은 연구의 경우 Q의 통계적 검증력은 상대적으로 볼 때 매우 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 통계치인  $I^2$ 는 이질성 정도를 비율(%)로 나타낸 것이다.  $I^2$ 은 0%에서 100%까지의 범위 값을 가지며 0%는 완벽한 동질성을, 100%는 완벽한 이질성을 나타낸다.  $I^2$ 값은 25%는 높은 동질성, 50%는 중 정도의 동질성, 75%는 낮은 동질성으로 해석한다(Higgins, Thompson, Deeks & Altman, 2003).  $I^2$ 의 산출 공식은 다음과 같다.

$$I^2 = \frac{Q - df}{Q} \times 100\%$$

Q = 동질성 검증통계치

df = 자유도(n-1)

## 5) 출판의 편향성(publication bias) 검증

메타분석에서는 동질성 검정과 함께 출판의 편향성을 반드시 확인하여야 한다. 메타분석을 위해 수집 가능한 연구들은 대개 출판된 것으로 대개 긍정적이거나 유의미한 결과가 나타난 연구들일 가능성이 크지만, 출판된 연구라고 해서 꼭 높은 수준의 질을 보여주는 것이라 단정할 수 없다(황성동, 2014). 연구 주제에 대한 자료 수집이 어려워 빠뜨리거나, 연구자가 연구를 마치고 어떠한 사정으로 인해 결과를 보고하지 않아 연구결과에 제외될 수도 있는데, 이를 Rosenthal의 책상 서랍의 문제(file drawer problem)라고 한다(Rosenthal, 1979)고 한다. 이러한 문제가 발생할 시에는 연구결과 종합이 불완전한 상태에 놓이게 되므로 반드시 해결해야 한다.

본 연구에서는 출판의 편향성을 확인하는 방법으로는 시각적으로 살펴보는 방식인 CMA 프로그램의 깔때기 그림(Funnel plot)과 추정치 가감법(trim and fill)을 시행하였다. 우선 깔때기 그림을 통해 시각적으로 편향이 존재하는지 확인하였으며, 다음으로 Duval & Tweedie(2000)이 개발한 추정치 가감법을 이용하여 비대칭을 교정하였다.

## 6) 통계적 이상치 처리와 효과크기 독립성

통계적 이상치(outlier)를 제거하여 개별 연구들의 좀 더 타당한 효과크기를 계산해야 한다. 전체 효과크기 분포에서 정상범위를 극단적으로 벗어난 이상치를 제거하지 않으면 연구결과의 해석에 방해가 되기 때문이다(Huffcutt & Arthur, 1995). 따라서 본 연구에서는 표준화된 잔차 절대값이 3.0을 넘는 경우에 이상치로 판단할 것이다.

메타분석에서는 개별 연구들을 서로 독립적이라고 가정한다. 하지만, 하나의 연구물 내 여러 개의 효과크기를 보고하는 경우에는 독립성 가정에 위배 된다고 판단한다. 왜냐하면, 반복된 자료들이 사용되기 때문이다. 메타분석에서 각 범주에 통합될 때 이를 각각 독립된 연구에서 얻은 효과크기로 취급하게 되기 때문에, 같은 연구에서 산출된 효과크기에는 각각 1개의 자유도(df)가 부여되며, 비독립적 자료를 독립적 자료인 것처럼 다루게 된다. 이러한 경우에는, 분석 결과에서 효과크기의 독립성을 보장하지 못하게 되고, 두 개 이상의 효과크기를 산출한 연구는 평균 효과크기에 영향을 미치게 되며, 이는 연구 간 독립성 가정을 위배하게 된다. 이처럼 연구 간에 일어나는 독립성 가정 위배를 해결하기 위해서 첫째, 하나의 연구에서는 주요 대상의 하나의 효과크기만을 선택하는 방법이 있으며, 둘째, 각각 효과크기를 개별적으로 분석하는 방법이 있다. 셋째, 한 연구 내 다수의 효과크기를 평균하여 하나의 효과크기로 계산하는 방법이 있으며, 마지막으로 하위 변인을 분석하거나, 메타회귀 분석을 할 때 분석단위 이동기법을 적용하는 방법이 있다(Cooper, 2010).



## IV. 연구결과

전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 검증하기 위하여 메타분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

### 1. 선정된 연구의 특성

논문검색과정을 통해서 최종 12편의 논문이 선정되었다(김도경, 2008; 김용권, 2002; 박병재, 2011; 심기동, 2010; 안근욱, 2009; 안기만, 2004; 오인영, 2010, 정제순, 2006; 정진욱, 2012; 전매희, 정현, 2013; 정현, 2013; 진행미, 정현, 2006). 선정된 연구의 일반적 특성은 <표 6>과 같다.

선정된 연구는 총 12편(학위논문 9편, 학술지 게재 논문 3편)이지만, 실제 분석에 사용된 연구는 총 14편이다. 남자와 여자를 대상으로 가속화재활운동의 효과를 비교한 연구(안근욱, 2009), 자가이식건과 동종이식건으로 수술한 집단을 대상으로 가속화재활운동의 효과를 비교한 연구(심기동, 2011)에서 각각 효과크기를 개별적으로 산출하였으며, 이는 독립성 가정에 위배되는 문제를 해결하기 위해 Cooper(2010)의 지침을 사용하였다. 이렇게 선정된 대상의 성별은 대부분이 남성이었으며, 전체 연령은 청소년부터 성인까지로 나타났다. 재활운동 프로그램은 대부분이 가속화재활 운동이었으며, 재활운동의 시간은 60분~100분, 빈도는 3~5회, 기간은 8~24주로 나타났다.

표 6. 선정된 연구의 일반적 특성

번호	제1저자 (년도)	대상자특성	중재 특성	측정된 변인
1	김도경 (2008)	남자, 총 47명 수술 4주 전부터 재활, 24명, $31.51 \pm 6.29$ 수술 후 재활, 23명, $30.85 \pm 5.24$	성인, 주 3회, 12주 수술 전 : 폐쇄사슬운동, 등척성운동 수술 후 : 가속화재활운동 학위논문	인대 이완도, 고유수용감각 등속성 대퇴근력, Lysholm
2	김용권 (2002)	남자, 총 16명 재활운동군, 8명, $30.5 \pm 9.7$ 비운동군, 8명, $32.0 \pm 7.4$	성인, 95분, 주 5회, 12주 기계적 각도 조절 등속성 기구 운동 학위논문	인대안정성, 대퇴부둘레 무릎운동각도, 등속성 대퇴근력 Lysholm
3	박병재 (2011)	남자, 총 16명 가속화재활, 8명, $19.38 \pm 1.06$ 체간운동+가속화재활, 8명, $19.13 \pm 1.25$	혼합, 80분, 주 5회, 12주 가속화재활운동 체간안정화운동+가속화재활운동 학위논문	대퇴부둘레, 등속성 운동검사 Lysholm, 평형성 검사
4	심기동 (2011)	여자, 총 16명 자가이식건, 8명, $23.23 \pm 3.25$ 동종이식건, 8명, $24.13 \pm 2.46$	성인, 100분, 주 5회, 12주 가속화재활운동 학위논문	등속성 근력검사, Lysholm 고유수용감각

Lysholm : 슬관절 기능 지수

번호	제1저자 (년도)	대상자특성	중재 특성	측정된 변인
5	안근욱 (2009)	혼합, 총 18명 남자, 10명, 29.2±7.2 여자, 8명, 24.8±5.8	성인, 주 3회, 24주 가속화재활운동 학위논문	신체적자기개념, 2000IKDC Lysholm, 슬관절이완도, Q각 기능성운동수행능력, 등속성 근기능, 고유수용성, 동적평형성
6	안기만 (2004)	남자, 총 12명 수술 2주 전부터 재활, 6명, 33.5±6.28 수술 후 재활, 6명, 30.3±3.32	성인, 주 5회, 12주 가속화재활운동 학위논문	대퇴근력, 대퇴부둘레, Lysholm
7	오인영 (2010)	남자, 총 16명 가속화재활, 8명, 18.14±1.21 물리치료, 8명, 18.00±1.71	혼합, 60분, 주 5회, 12주 가속화재활운동 학위논문	하지근력, 대퇴부둘레, 동적균형능력, Lysholm
8	정진욱 (2012)	남자, 총 47명 수술 4주 전부터 재활, 24명, 31.50±6.29 수술 후 재활, 23명, 30.85±5.24	성인, 주 3회, 12주 수술 전 : 폐쇄사슬운동, 등척성운동 수술 후 : 가속화재활운동 학위논문	고유수용감각, 인대이완도 슬관절 등속성 근기능 Lysholm

Lysholm : 슬관절 기능지수, 2000IKDC : 주관적 무릎 평가 점수

번호	제1저자 (년도)	대상자특성	중재 특성	측정된 변인
9	정제순 (2006)	남자, 총 12명 수술 2주 전부터 재활, 6명, 31.2±3.11 수술 후 재활, 6명, 31.2±2.86	성인, 주 5회, 12주 가속화재활운동 학술지 게재 논문	대퇴부둘레, 대퇴근력, Lysholm
10	전매희 (2013)	남자, 총 20명 재활운동군, 10명, 25.89±9.46 비운동군, 10명, 24.74±10.54	혼합, 90분, 주 5회, 8주 등척성운동, 고강도등장성운동 근지구력운동, 고유수용성운동 기능성운동 학술지 게재 논문	슬관절 근기능, Lysholm
11	정현 (2013)	총 24명 재활운동군, 12명, 24.33±4.84 자가운동군, 12명, 24.67±5.72	성인, 60분, 주 5회, 12주 가속화재활운동 학위논문	슬관절 근기능, 대퇴부둘레, 신체구성, Lysholm
12	진행미 (2006)	총 34명 재활운동군, 17명, 29.12±9.45 비운동군, 17명, 31.00±5.58	성인, 60분, 주 5회, 12주 고강도근력운동, 근지구력운동 고유수용성운동, 기능성운동 학술지 게재 논문	슬관절 근기능, 대퇴부둘레 Lysholm

Lysholm : 슬관절 기능지수

### 1) 중재 변인의 특성

본 연구는 선정된 문헌을 대상으로 재활운동의 효과를 검증하는 연구이며, 분석에 사용된 중재 변인의 특성은 <표 7>과 같다.

표 7. 중재 변인의 특성

중재 특성	분류	k	(%)
성별	남자	9	64.3
	여자	3	21.4
	혼합	0	0
	none	2	14.3
연령	청소년	0	0
	성인	11	78.6
	혼합	3	21.4
운동시간	90분 미만	4	28.6
	90분 이상	4	28.6
	none	6	42.9
운동빈도	주 3회	4	28.6
	주 5회	10	71.4
운동기간	12주 이하	12	85.7
	13주 이상	2	14.3
인원	10명 미만	8	57.1
	10명 이상	6	42.9
출판유형	학위논문	11	78.6
	학술지 게재 논문	3	21.4
합계		14	100.0

## 2. 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과크기

본 연구에서는 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과크기를 분석하기 위해 슬관절 근기능(flexor, extensor), 슬관절 기능지수(lysholm)에 대해 메타분석을 실시하였다.

### 1) 슬관절 근기능의 효과크기

재활운동의 효과를 분석하기 위해 슬관절 근기능 검사의 효과크기를 산출한 결과는 다음과 같다.

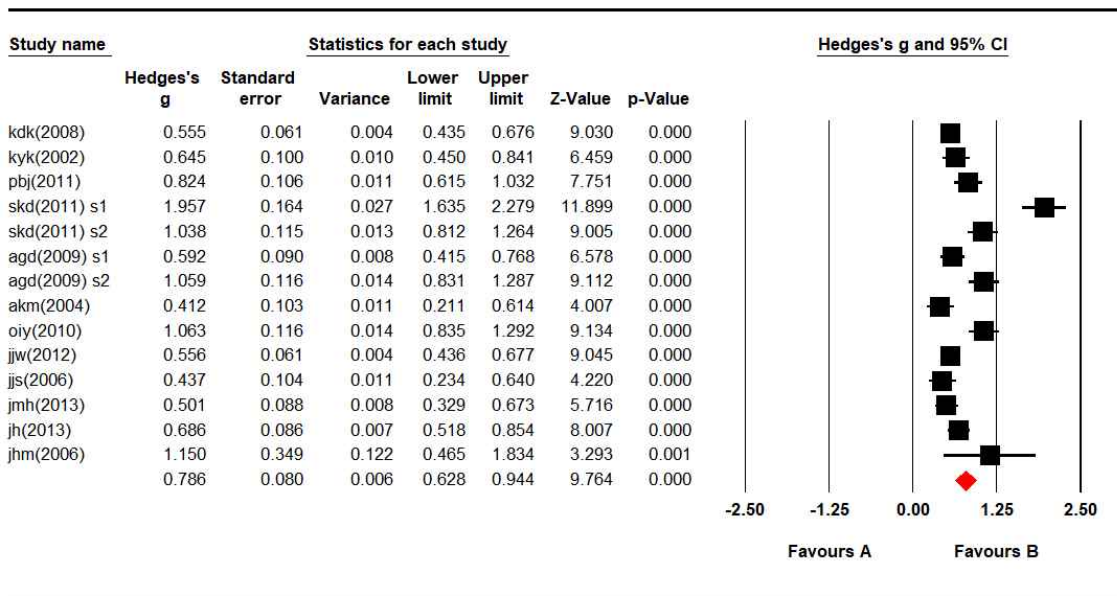
(1) 환측 굴근력(flexor)의 효과크기

재활운동의 효과를 분석하기 위해 환측 굴근력의 효과크기를 산출한 결과는 <표 8>과 같다.

표 8. 환측 굴근력(flexor)의 전체 효과크기

Model	k	ES	95% CI		Heterogeneity		
			Lower	Upper	Q	p	I <sup>2</sup>
Fixed	14	0.678	0.628	0.727	120.749	p<.001	89.234
Random		0.786	0.628	0.944			

먼저 이질성 검정 결과를 살펴보면, 각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다(Q=120.749, p<.001, I<sup>2</sup>=89.234). 따라서 이 연구에서는 무선 효과모형(random effect model)으로 환측 굴근력의 평균 효과크기를 분석하였다. 무선 효과모형에 의하면 전체 평균 효과크기는 0.786(95%CI : 0.628~0.944, p<.001)로 나타났다으며, Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 중간 효과크기에 해당된다. 또한, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하고 있지 않으므로 효과크기는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 환측 굴근력의 전체 효과크기 Forest plot은 <그림 8>과 같다.



Meta Analysis

그림 8. 환측 굴근력의 전체 효과크기

한편, 메타분석 결과의 타당성 확보를 위해 출판편향(publication bias) 검사를 시행하였다. 출판편향 여부를 판단하려는 방법으로 깔때기 도표(Funnel plot)와 추정치 가감법(trim & fill)을 확인하였다. 먼저 x축을 효과크기(Hedges' s g), y축을 표준오차로 설정한 깔때기 도표를 통해 시각적으로 편향의 정도를 살펴본 결과, <그림 9>, <그림 10>에 나타난 바와 같이 효과크기의 평균을 중심으로 비교적 좌우대칭을 보이고 있어 출판편향의 가중성은 높지 않은 것으로 볼 수 있다. 추가적으로 추정치 방법을 이용하여 출판편향의 가능성을 판단하였다. 추정치 가감법 적용 결과, <표 9>에 나타난 바와 같이 효과크기는 0.786(95%CI : 0.628~0.944)로 보정 전의 효과크기와 동일한 것으로 나타났다. 따라서 깔때기 도표와 추정치 가감법을 통해 출판편향을 검토한 결과, 출판편향이 존재하지 않은 것으로 해석할 수 있다.

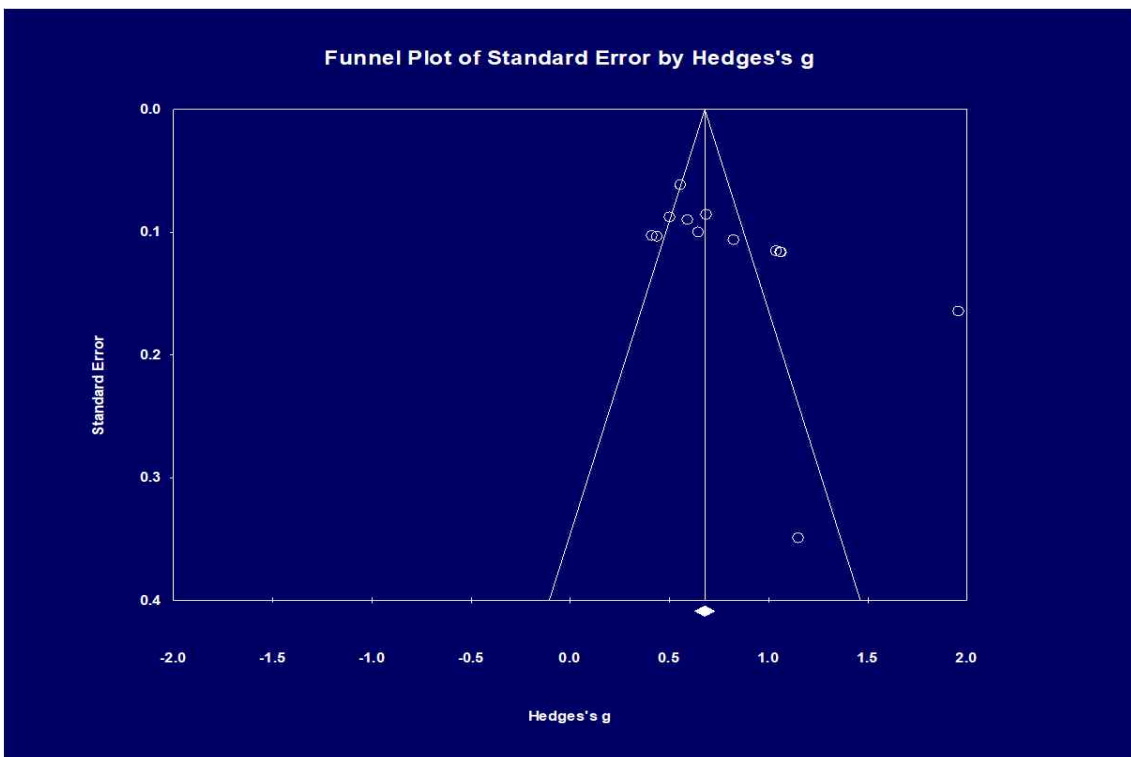


그림 9. 환측 굴근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전)

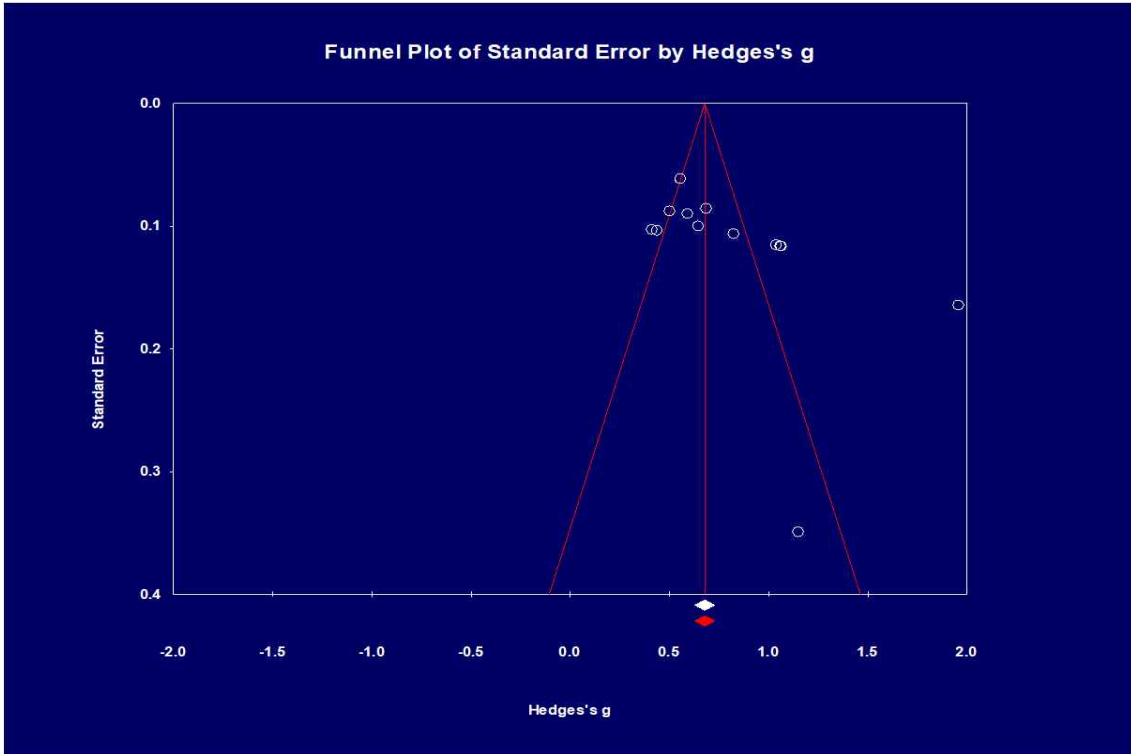


그림 10. 환측 굴근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후)

표 9. 추정치 가감법 적용 결과

구분	k	ES	95%CI	
			Lower	Upper
관찰 값	-	0.786	0.628	0.944
보정 값	0	0.786	0.628	0.944

(2) 환측 신근력(extensor)의 효과크기

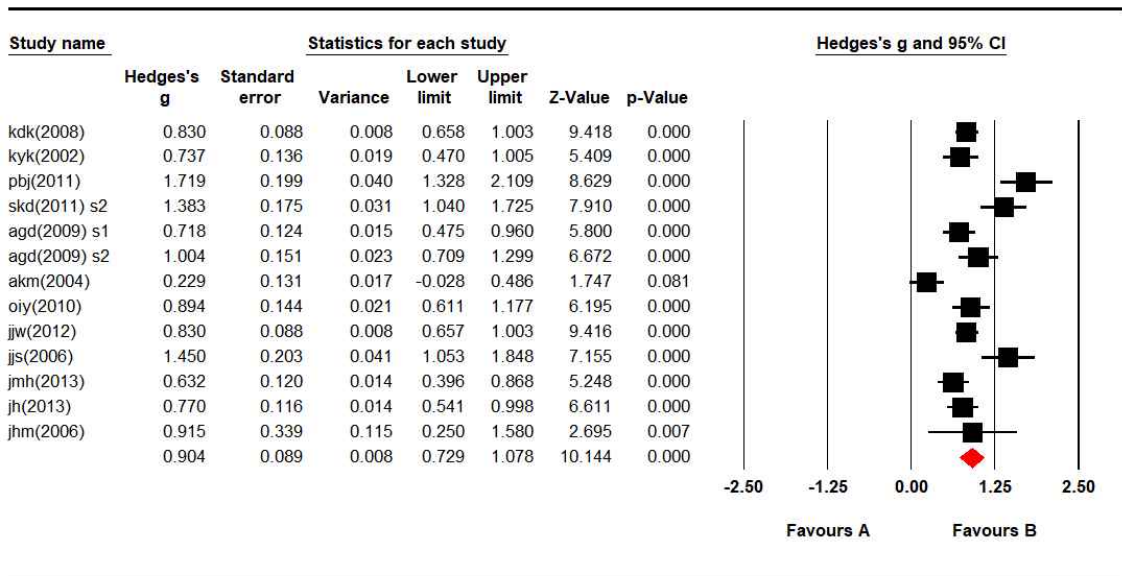
재활운동의 효과를 분석하기 위해 환측 신근력의 효과크기를 산출한 결과는 <표 10>과 같다.

표 10. 환측 신근력(extensor)의 전체 효과크기

Model	k	ES	95% CI		Heterogeneity		
			Lower	Upper	Q	p	I <sup>2</sup>
Fixed	13	0.832	0.761	0.903	66.195	p<.001	81.872
Random		0.904	0.729	1.078			



먼저 이질성 검정 결과를 살펴보면, 각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다( $Q=66.195, p<.001, I^2=81.872$ ). 따라서 이 연구에서는 무선 효과모형(random effect model)으로 환측 신근력의 평균 효과크기를 분석하였다. 무선 효과모형에 의하면 통계적 이상치(outlier) 1편을 제거한 전체 평균 효과크기는 0.904(95%CI : 0.729~1.078,  $p<.001$ )로 나타났으며, Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 높은 효과크기에 해당된다. 또한, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하고 있지 않으므로 효과크기는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 환측 신근력의 전체 효과크기 Forest plot은 <그림 11>과 같다.



#### Meta Analysis

그림 11. 환측 신근력의 전체 효과크기

한편, 메타분석 결과의 타당성 확보를 위해 출판편향(publication bias) 검사를 시행하였다. 출판편향 여부를 판단하려는 방법으로 깔때기 도표(Funnel plot)와 추정치 가감법(trim & fill)을 확인하였다. 먼저 x축을 효과크기(Hedges's g), y축을 표준오차로 설정한 깔때기 도표를 통해 시각적으로 편향의 정도를 살펴본 결과, <그림 12>, <그림 13>에 나타난 바와 같이 효과크기의 평균을 중심으로 비교적 좌우대칭을 보이고 있어 출판편향의 가중성은 높지 않은 것으로 볼 수 있다. 추가적으로 추정치 가감법을 이용하여 출판편향의 가능성을 판단하였다. 추정치 가감법 적용 결과, <표 11>에 나타난 바와 같이 2편의 연구가 추가된 후의 효과크기는 1.002(95%CI : 0.800~1.204)로 보정 전의 효과크기와 비교해 다소 증가하는 경향을 보였으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 깔때기 도표와 추정치 가감법을 통해 출판편향을 검토한 결과, 출판편향이 존재하지 않은 것으로 해석할 수 있다.

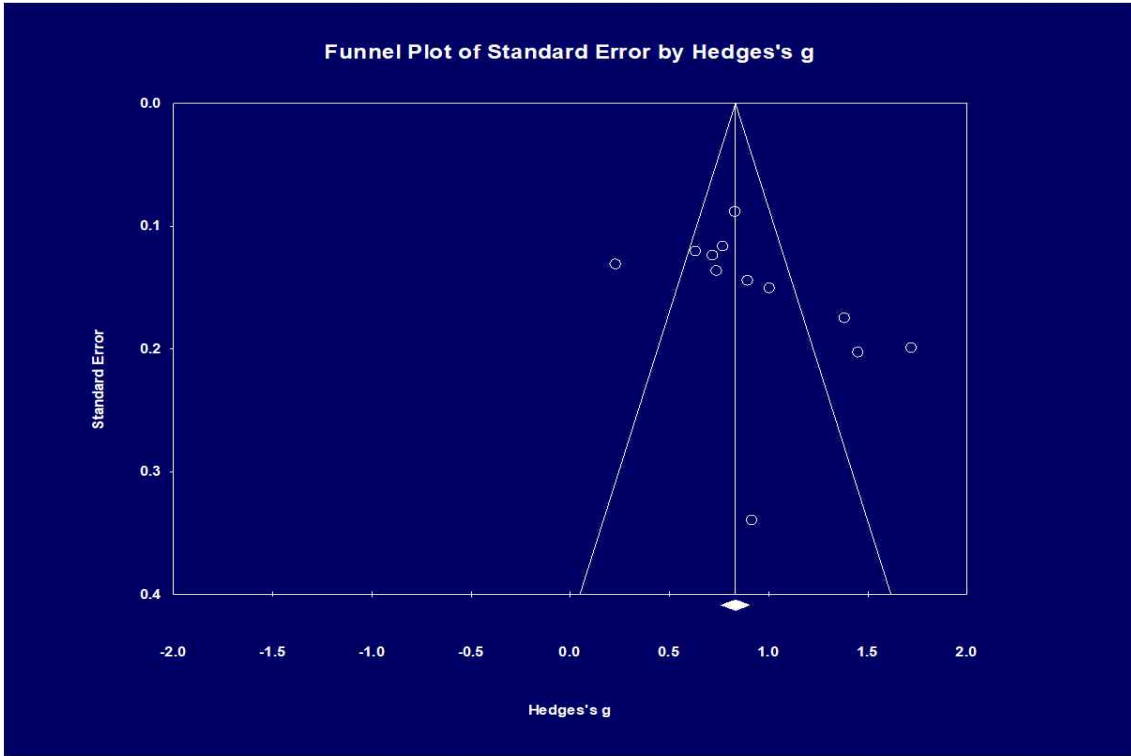


그림 12. 환측 신근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전)

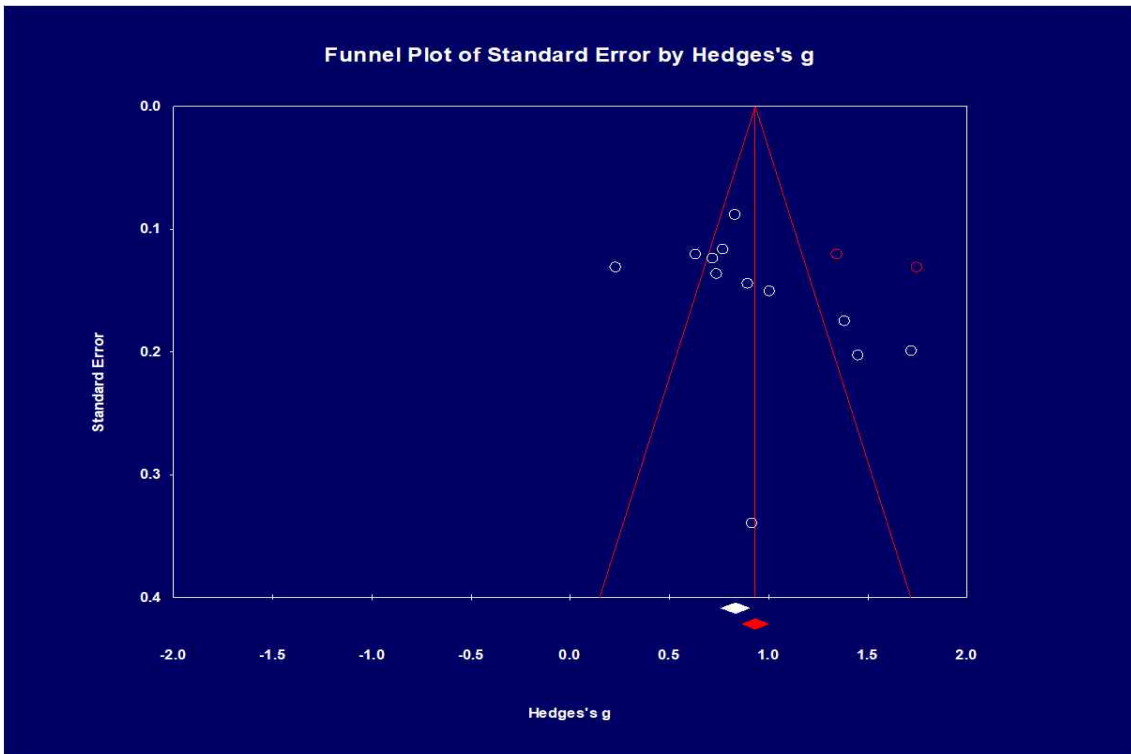


그림 13. 환측 신근력에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후)

표 11. 추정치 가감법 적용 결과

구분	k	ES	95%CI	
			Lower	Upper
관찰 값	-	0.904	0.729	1.078
보정 값	2	1.002	0.800	1.204

## 2) 슬관절 기능지수의 효과크기

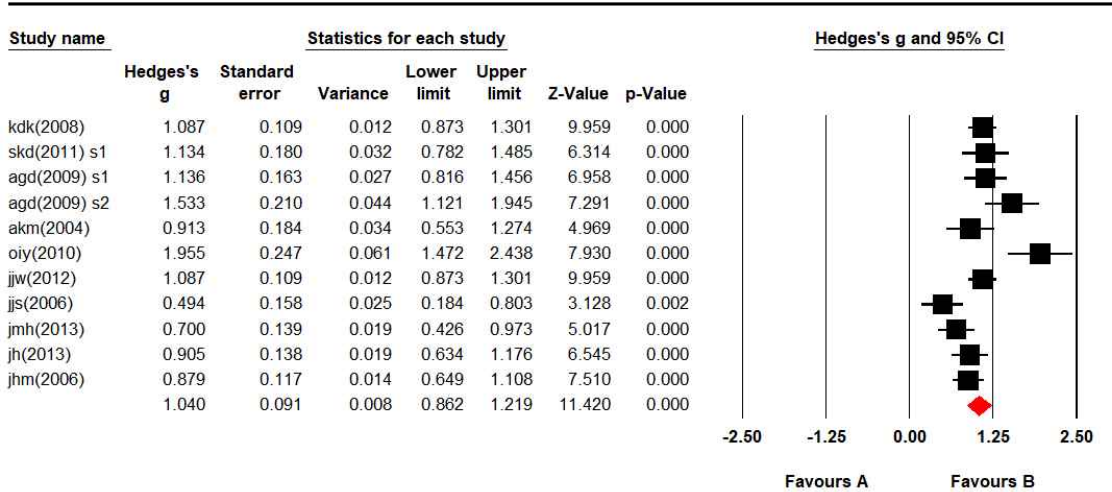
재활운동의 효과를 분석하기 위해 슬관절 기능지수의 효과크기를 산출한 결과는 <표 12>와 같다.

표 12. 슬관절 기능지수의 전체 효과크기

Model	k	ES	95% CI		Heterogeneity		
			Lower	Upper	Q	p	I <sup>2</sup>
Fixed	11	0.999	0.913	1.085	40.630	p<.001	75.387
Random		1.040	0.862	1.219			

먼저 이질성 검정 결과를 살펴보면, 각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다(Q=40.630, p<.001, I<sup>2</sup>=75.387). 따라서 이 연구에서는 무선 효과모형(random effect model)으로 환측 신근력의 평균 효과크기를 분석하였다. 무선 효과모형에 의하면 통계적 이상치(outlier) 3편을 제거한 전체 평균 효과크기는 1.040(95%CI : 0.862~1.219, p<.001)로 나타났으며, Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 높은 효과크기에 해당된다. 또한, 95% 신뢰구간에서 0을 포함하고 있지 않으므로 효과크기는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 환측 신근력의 전체 효과크기 Forest plot은 <그림 14>와 같다.

한편, 메타분석 결과의 타당성 확보를 위해 출판편향(publication bias) 검사를 시행하였다. 출판편향 여부를 판단하려는 방법으로 깔때기 도표(Funnel plot)와 추정치 가감법(trim & fill)을 확인하였다. 먼저 x축을 효과크기(Hedges' s g), y축을 표준오차로 설정한 깔때기 도표를 통해 시각적으로 편향의 정도를 살펴본 결과, <그림 15>, <그림 16>에 나타난 바와 같이 효과크기의 평균을 중심으로 비교적 좌우대칭을 보이고 있어 출판편향의 가중성은 높지 않은 것으로 볼 수 있다. 추가적으로 추정치 가감법을 이용하여 출판편향의 가능성을 판단하였다. 추정치 가감법 적용 결과, <표 13>에 나타난 바와 같이 1개의 연구가 추가된 후의 효과크기는 1.100(95%CI : 0.905~1.295)로 보정 전의 효과크기와 비교해 보면 다소 증가하는 경향을 보였으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 깔때기 도표와 추정치 가감법을 통해 출판편향을 검토한 결과, 출판편향이 존재하지 않은 것으로 해석할 수 있다.



Meta Analysis

그림 14. 슬관절 기능지수의 전체 효과크기

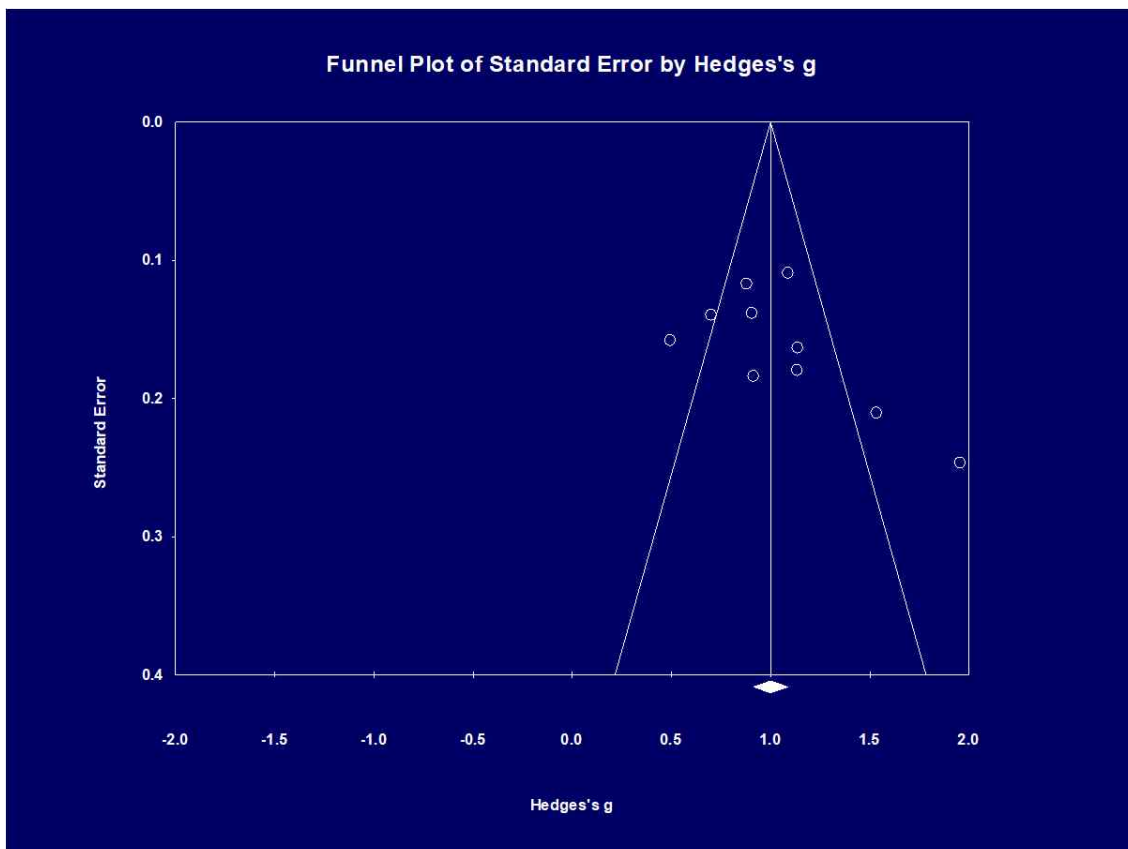


그림 15. 슬관절 기능지수에 대한 출판편향 분석 결과(보정 전)

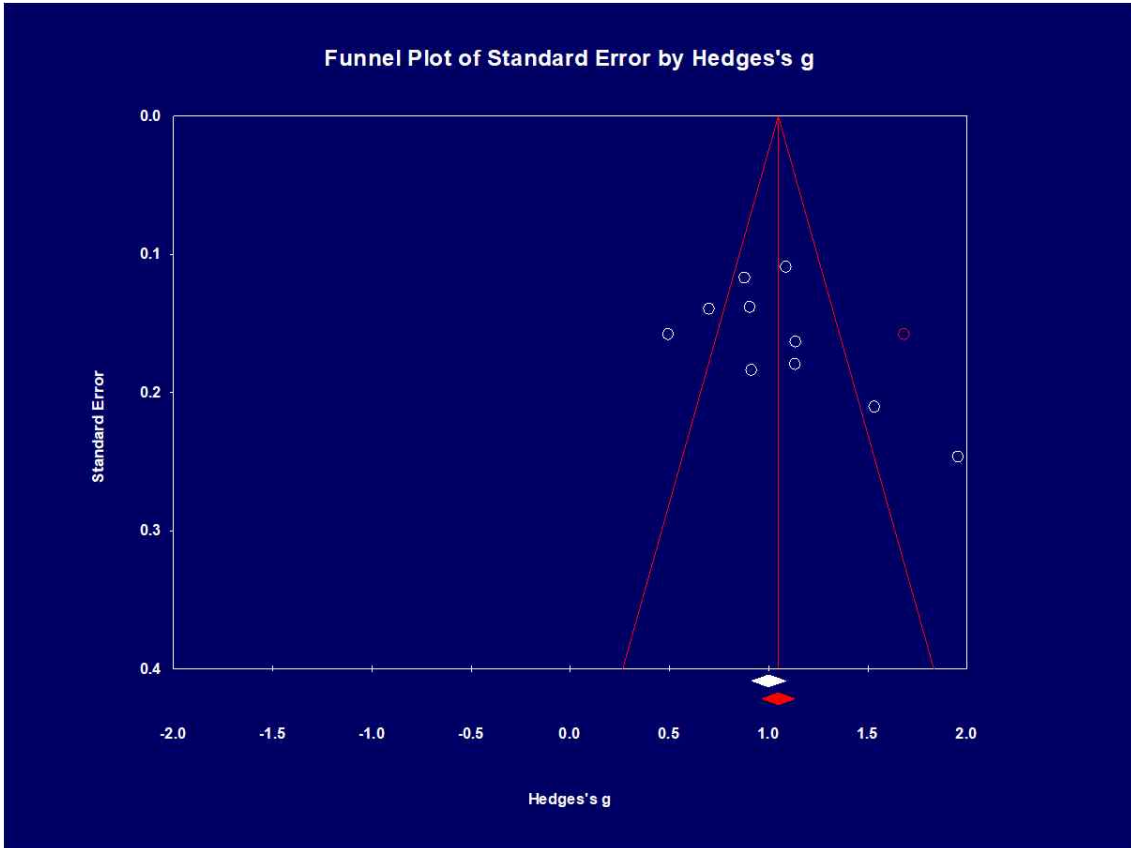


그림 16. 슬관절 기능지수에 대한 출판편향 분석 결과(보정 후)

표 13. 추정치 가감법 적용 결과

구분	$k$	ES	95%CI	
			Lower	Upper
관찰 값	-	1.040	0.862	1.219
보정 값	1	1.100	0.905	1.295

### 3. 중재 변인별 효과크기 차이 검증

각 변인별 동질성 검증결과 각 연구로부터 산출된 ES들은 통계적으로 유의한 차이, 즉 이질적인 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 ‘ES 간의 변산에 영향을 미치는 변인이 존재할 것’이라는 가정하에 선정된 중재 변인(moderator variable)의 하위범주 간 ES 차이를 검증하였다. 중재 변인의 하위범주별 ES의 차이 검증에서 ES는 Cohen의  $d$ 가 안고 있는 편파성을 교정한 불편파추정치인 Hedges의  $g$ 를 이용하여 분석하였다.

1) 중재 변인에 따른 환측 굴근력의 효과크기

중재 변인에 따른 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 영향에 효과가 있는지를 검증한 결과는 <표 14>와 같다.

표 14. 중재 변인에 따른 환측 굴근력의 효과크기

그룹	구분	k	ES(g)	SE	95%CI		$p_1$	Q	df	$p_2$
					Lower	Upper				
성별	남자	9	0.611	0.056	0.502	0.720	$p < .001$	7.924	2	$p < .05$
	여자	3	1.338	0.262	0.824	1.853	$p < .001$			
	none	2	0.794	0.196	0.410	1.179	$p < .001$			
연령	성인	11	0.787	0.095	0.600	0.974	$p < .001$	0.000	1	0.991
	혼합	3	0.789	0.167	0.463	1.116	$p < .001$			
운동시간	90분 미만	4	0.868	0.102	0.668	1.068	$p < .001$	6.379	2	$p < .05$
	90분 이상	4	1.021	0.265	0.502	1.539	$p < .001$			
	none	6	0.593	0.072	0.451	0.735	$p < .001$			
운동빈도	주 3회	4	0.669	0.092	0.490	0.849	$p < .001$	1.346	1	0.246
	주 5회	10	0.843	0.118	0.611	1.075	$p < .001$			
운동기간	12주 이하	12	0.782	0.090	0.606	0.957	$p < .001$	0.023	1	0.880
	13주 이상	2	0.820	0.234	0.632	1.278	$p < .001$			
인원	10명 미만	8	0.917	0.145	0.633	1.201	$p < .001$	5.170	1	$p < .05$
	10명 이상	6	0.578	0.034	0.511	0.645	$p < .001$			
출판유형	학위논문	11	0.831	0.093	0.649	1.013	$p < .001$	4.700	1	$p < .05$
	학술지	3	0.527	0.106	0.319	0.734	$p < .001$			

$p_1$ =해당 범주의 ES(g) 평균이 통계적으로 유의한지의 여부를 검증한 Z값에 해당하는 유의수준

$p_2$ =해당 범주 내의 ES(g)들이 동질적인지 아닌지를 검증한 Q값에 해당하는 유의수준

성별에 따라 분석한 결과, 여자를 대상으로 한 평균 효과크기가 1.338로 가장 컸으며, 성별을 알 수 없는 경우 0.794, 남자를 대상으로 한 경우 0.611로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의한 수준이었다( $Q=7.924$ ,  $df=2$ ,  $p < .05$ ). 연령에 있어서는 청소년과 성인을 대상으로 한 혼합의 평균 효과크기가 0.789로 가장 컸으며, 성인을 대상으로 한 경우 0.787로 나타났다. 또한, 중재 변

인 간 차이를 검정한 결과 통계적인 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.000$ ,  $df=1$ ,  $p=0.991$ ). 운동시간에서는 90분 이상으로 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.021로 가장 컸으며, 90분 미만으로 재활운동을 실시한 경우 0.868, 재활운동 시간을 알 수 없는 경우 0.593으로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의한 수준이었다( $Q=6.379$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ). 운동빈도에서는 주 5회씩 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 0.843으로 가장 컸으며, 주 3회씩 재활운동을 실시한 경우 0.669로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=1.346$ ,  $df=1$ ,  $p=0.246$ ). 운동기간에 있어서는 13주 이상 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 0.820으로 가장 컸으며, 12주 이하로 재활운동을 실시한 경우 0.782로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.023$ ,  $df=1$ ,  $p=0.880$ ). 재활운동을 실시한 인원수에 있어서는 10명 미만으로 실시한 경우의 평균 효과크기가 0.917로 가장 컸으며, 10명 이상으로 실시한 경우 0.578로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의한 수준이었다( $Q=5.170$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ). 출판유형에 있어서는 학위논문의 평균 효과크기가 0.831로 가장 컸으며, 학술지 게재 논문의 경우 0.527로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의한 수준이었다( $Q=4.700$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ).

## 2) 중재 변인에 따른 환측 신근력의 효과크기

중재 변인에 따른 재활운동이 환측 신근력에 미치는 영향에 효과가 있는지를 검증한 결과는 <표 15>와 같다.

성별에 따라 분석한 결과, 여자를 대상으로 한 경우의 평균 효과크기가 1.183으로 가장 컸으며, 남자를 대상으로 한 경우 0.863, 성별을 알 수 없는 경우 0.785로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=3.340$ ,  $df=2$ ,  $p=0.188$ ). 연령에 있어서는 청소년과 성인을 대상으로 한 혼합의 평균 효과크기가 1.062로 가장 컸으며, 성인을 대상으로 한 경우 0.861로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적인 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.442$ ,  $df=1$ ,  $p=0.506$ ). 운동시간에서는 90분 미만으로 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.068로 가장 컸으며, 90분 이상으로 재활운동을 실시한 경우 0.901, 재활운동 시간을 알 수 없는 경우 0.820으로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=1.009$ ,  $df=2$ ,  $p=0.604$ ). 운동빈도에서는 주 5회씩 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 0.951로 가장 컸으며, 주 3회씩 재활운동을 실시한 경우 0.831로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.592$ ,  $df=1$ ,  $p=0.442$ ). 운동기간에 있어서는 12주 이하로 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 0.917로 가장 컸으며, 13주 이상으로 재활운동을 실시한 경우 0.848로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차

이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.152$ ,  $df=1$ ,  $p=0.697$ ). 재활운동을 실시한 인원 에 있어서는 10명 미만으로 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.044로 가장 컸으며, 10명 이상으로 실시한 경우 0.778로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=1.872$ ,  $df=1$ ,  $p=0.171$ ). 출판 유형에 있어서는 학술지 게재 논문의 평균 효과크기가 0.991로 가장 컸으며, 학위논문의 경우 0.887로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.113$ ,  $df=1$ ,  $p=0.737$ ).

표 15. 중재 변인에 따른 환측 신근력의 효과크기

그룹	구분	k	ES(g)	SE	95%CI		$p_1$	Q	df	$p_2$
					Lower	Upper				
성별	남자	9	0.863	0.110	0.648	1.078	$p<.001$	3.340	2	0.188
	여자	2	1.183	0.189	0.813	1.553	$p<.001$			
	none	2	0.785	0.110	0.569	1.001	$p<.001$			
연령	성인	10	0.861	0.093	0.678	1.044	$p<.001$	0.442	1	0.506
	혼합	3	1.062	0.289	0.497	1.628	$p<.001$			
운동시간	90분 미만	4	1.068	0.213	0.650	1.486	$p<.001$	1.009	2	0.604
	90분 이상	3	0.901	0.211	0.488	1.314	$p<.001$			
	none	6	0.820	0.125	0.576	1.065	$p<.001$			
운동빈도	주 3회	4	0.831	0.052	0.729	0.933	$p<.001$	0.592	1	0.442
	주 5회	9	0.951	0.147	0.662	1.241	$p<.001$			
운동기간	12주 이하	11	0.917	0.105	0.712	1.122	$p<.001$	0.152	1	0.697
	13주 이상	2	0.848	0.143	0.568	1.128	$p<.001$			
인원	10명 미만	7	1.044	0.189	0.674	1.414	$p<.001$	1.872	1	0.171
	10명 이상	6	0.778	0.046	0.688	0.868	$p<.001$			
출판유형	학위논문	10	0.887	0.098	0.694	1.080	$p<.001$	0.113	1	0.737
	학술지	3	0.991	0.293	0.416	1.565	$p<.01$			

$p_1$ =해당 범주의 ES(g) 평균이 통계적으로 유의한지의 여부를 검증한 Z값에 해당하는 유의수준

$p_2$ =해당 범주 내의 ES(g)들이 동질적인지 아닌지를 검증한 Q값에 해당하는 유의수준



### 3) 중재 변인에 따른 슬관절 기능지수의 효과크기

중재 변인에 따른 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 영향에 효과가 있는지를 검증한 결과는 <표 16>과 같다.

성별에 따라 분석한 결과, 여자를 대상으로 한 경우의 평균 효과크기가 1.318로 가장 컸으며, 남자를 대상으로 한 경우 1.023, 성별을 알 수 없는 경우 0.890으로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=4.013$ ,  $df=2$ ,  $p=0.134$ ). 연령에 있어서는 청소년과 성인을 대상으로 한 혼합의 경우 평균 효과크기가 1.311로 가장 컸으며, 성인을 대상으로 한 경우 1.004로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적인 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.235$ ,  $df=1$ ,  $p=0.628$ ). 운동시간에서는 90분 미만으로 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.199로 가장 컸으며, 재활운동 시간을 알 수 없는 경우 1.031, 90분 이상으로 재활운동을 실시한 경우 0.908로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.768$ ,  $df=2$ ,  $p=0.681$ ). 운동빈도에 있어서는 주 3회씩 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.152로 가장 컸으며, 주 5회씩 재활운동을 실시한 경우 0.959로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=1.578$ ,  $df=1$ ,  $p=0.209$ ). 운동기간에 있어서는 13주 이상 재활운동을 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.313으로 가장 컸으며, 12주 이하로 재활운동을 실시한 경우 0.985로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=2.220$ ,  $df=1$ ,  $p=0.136$ ). 재활운동을 실시한 인원수에 있어서는 10명 미만으로 실시한 경우의 평균 효과크기가 1.186으로 가장 컸으며, 10명 이상으로 실시한 경우 0.970으로 나타났다. 또한, 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적 유의성은 확인되지 않았다( $Q=0.739$ ,  $df=1$ ,  $p=0.390$ ). 출판유형에 있어서는 학위논문의 평균 효과크기가 1.170으로 가장 컸으며, 학술지 게재 논문의 경우 0.710으로 나타났다. 이러한 중재 변인 간 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의한 수준이었다( $Q=10.220$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ).

표 16. 중재 변인에 따른 슬관절 기능지수의 효과크기

그룹	구분	k	ES(g)	SE	95%CI		$p_1$	Q	df	$p_2$
					Lower	Upper				
성별	남자	7	1.023	0.130	0.769	1.277	$p < .001$	4.013	2	0.134
	여자	2	1.318	0.199	0.928	1.709	$p < .001$			
	none	2	0.890	0.089	0.715	1.065	$p < .001$			
연령	성인	9	1.004	0.078	0.850	1.158	$p < .001$	0.235	1	0.628
	혼합	2	1.311	0.627	0.081	2.540	$p < .05$			
운동시간	90분 미만	3	1.199	0.261	0.687	1.710	$p < .001$	0.768	2	0.681
	90분 이상	2	0.902	0.216	0.478	1.326	$p < .001$			
	none	6	1.031	0.117	0.802	1.260	$p < .001$			
운동빈도	주 3회	4	1.152	0.079	0.997	1.306	$p < .001$	1.578	1	0.209
	주 5회	7	0.959	0.131	0.703	1.216	$p < .001$			
운동기간	12주 이하	9	0.985	0.097	0.794	1.176	$p < .001$	2.220	1	0.136
	13주 이상	2	1.313	0.197	0.926	1.699	$p < .001$			
인원	10명 미만	5	1.186	0.242	0.711	1.661	$p < .001$	0.739	1	0.390
	10명 이상	6	0.970	0.065	0.842	1.098	$p < .001$			
출판유형	학위논문	8	1.170	0.092	0.990	1.350	$p < .001$	10.220	1	$p < .01$
	학술지	3	0.710	0.111	0.494	0.927	$p < .001$			

$p_1$ =해당 범주의 ES(g) 평균이 통계적으로 유의한지의 여부를 검증한 Z값에 해당하는 유의수준  
 $p_2$ =해당 범주 내의 ES(g)들이 동질적인지 아닌지를 검증한 Q값에 해당하는 유의수준

## V. 논의

본 연구의 목적은 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과를 검증하는 것이다. 이를 위해 2002년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지 게재된 국내 학술지 및 학위 논문 12편을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 본 연구에서 얻은 분석 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

### 1. 재활운동이 슬관절 근기능에 미치는 효과크기

전방십자인대 재건술 후 일상생활로의 복귀는 관련된 근육들이 수술 전의 상태로 회복할 수 있는지에 달려 있다(Henry, Jeniffer & Elizabeth, 2010). 따라서, 대퇴근력의 회복은 매우 중요한 요소이며, 슬관절 재활운동의 1차 목표이기도 하다(Ryan, Magidow & Duncan, 1991). 현장에서는 주로 이러한 재활운동의 효과를 객관적으로 검증하기 위해서 슬관절 근기능 검사를 이용하고 있다(이인식 등, 2005).

#### 1) 환측 굴근력에 미치는 효과

전방십자인대 재건술 후 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과크기의 평균은 0.786으로써 Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 중간 효과크기에 해당된다. 평균 효과크기의 95%신뢰구간(하한값, 상한값)에 의하면 0.628, 0.944를 보임으로써 통계적으로 유의한 계수이다. 이와 같은 결과에 의하면 전방십자인대 재건술 후 재활운동은 환측 굴근력을 향상시키기 위한 변인으로 유용하게 사용할 수 있음을 시사해 준다.

선정된 12편의 연구로부터 산출된 효과크기들의 동질성 검증( $Q, I^2$  결과)에 의하면, 각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다. 이러한 효과크기들의 이질성에 작용할 수 있다고 판단되는 7개의 중재 변인이 효과크기의 차이(이질성)에 영향을 미치는지 아닌지를 논의하면 다음과 같다.

첫째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 성별에 따라 차이가 있는 것으로 확인되었다( $p < .05$ ). 성별의 모든 하위집단에 재활운동의 효과가 나타났으며, 여자( $ES=1.338$ ), none( $ES=0.794$ ), 그리고 남자( $ES=0.611$ )의 순으로 재활운동 효과가 높은 것으로 나타났다. 근육의 성장과 강도를 자극하기 위해서 그리고 충분한 수준의 신경근 활성화를 유도하기 위해서는 재활 프로그램에 무거운 저항운동이 포함되어야 한다(Andersen, Magnusson, Nielsen, Haleem, Poulsen & Aagaard, 2006). Cureton, Colins, Hill & McElhannon(1988)의 연구를 살펴보면, 16주간의 저항운동을 남자와 여자에게 적용하였을 때 무릎 굴곡 시 근력 증가 비율이 남자는 12.8%, 여자는 24.4%로 보고하고 있어 본 연구결과와 맥락을 같이 하고 있다. 하지만 전통적인 저항 훈련프로그램을 통해 남성과 여성의 근력 향상을 연구한 사례를 살펴보면, 근력

을 상대적인 힘으로 비교했을 때 성별 간의 차이는 거의 발견되지 않았다(Kell, 2011). 그럼에도 불구하고 본 연구에서 여성의 효과크기가 남성에 비해 크게 나타난 이유는 여성이 저항운동과 관련된 여러 신체활동에 참여하지 않아 초기 근력 상태가 남자에 비해 낮기 때문에 상대적인 근력 향상이 높게 나타났을 것으로 추측해 볼 수 있다.

둘째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 연령에 따라 차이가 없는 것으로 나타났지만, 연령의 하위집단에서 평균 효과크기가 모두 중간 효과크기를 나타내고 있다. 이러한 결과는 혼합 연구의 수가 상대적으로 매우 적고 혼합 연구의 연령대 역시도 본 연구에서 구분한 성인으로 보아도 무방한 19세 전후인 점을 고려한 결과라 생각된다.

셋째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 운동시간에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 90분 이상( $ES=1.021$ ), 90분 미만( $ES=0.868$ )은 큰 효과크기, 운동의 set 수와 휴식시간만을 표기하여 정확한 시간은 알 수 없으나 대략적인 시간은 양쪽 그룹에 속해 있는 none( $ES=0.593$ )은 중간 효과크기를 나타내고 있다. 이러한 하위집단의 ES 평균이 통계적으로 유의하다는 사실을 고려한다면, 각 연구대상들의 초기 근력 상태가 달랐음에도 불구하고 재활운동은 90분 미만의 프로그램만으로도 환측 굴근력을 긍정적인 방향으로 향상시킬 수 있음을 시사해 준다. 그러나 유의한 효과를 위해 장시간 과도하게 재활훈련을 실시하다 보면 수행력이 크게 저하되는 과잉 훈련이 발생할 수 있으므로 유의해야 할 것이다.

넷째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 운동빈도에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. ACSM(2016)의 근력훈련에 관한 권고를 살펴보면, 근육훈련의 경우 초보자(훈련받지 않은 사람)의 경우 1RM의 60~70%에 해당하는 부하로 느리게 그리고 수축의 중간 속도로 주 2~3일, 중급자(~6개월 훈련)의 경우 1RM의 60~70%의 부하로 다양한 양과 강도로 주 3~4일, 상급자(수년간 훈련)의 경우 1RM의 80~100%의 부하로 다양한 양과 강도로 주 4~6일을 권장하고 있다. 이러한 권고는 주 3회 이상의 운동을 실시하는 경우 근력을 증가시키거나 유지할 수 있다는 점을 시사하고 있다. 본 연구결과 역시도 이질성의 차이는 나타나지 않았지만 모든 하위집단의 ES 평균이 통계적으로 유의하게 나타나 재활운동은 주 3회 운동만으로도 환측 굴근력을 긍정적으로 향상시킬 수 있음을 나타내고 있어 맥락을 같이 하고 있다.

다섯째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 운동기간에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 12주 이하( $ES=0.782$ )는 중간 효과크기, 13주 이상( $ES=0.820$ )은 높은 효과크기를 나타내고 있어 재활운동은 12주 이하의 기간만으로도 긍정적인 효과를 나타낼 수 있다고 판단된다. 또한, Jin(2013)은 전방십자인대 재건술 후 재활운동의 기간과 관련된 의 연구에서 햄스트링과 대퇴사두근의 근활성도가 재활운동 기간이 길수록 높게 나타나고 있다고 보고하고 있어 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다.

여섯째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 인원수에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 하위집단의 효과크기를 살펴보면, 10명 미만( $ES=0.917$ )은 높은

효과크기, 10명 이상( $ES=0.578$ )은 중간 효과크기를 나타내고 있다. 재활운동은 특성상 1:1 유형의 운동이 진행되다 보니 체계적이고 섬세하게 관리할 수 있는 인원이 10명 미만이기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 그럼에도 불구하고, 본 연구결과를 뒷받침하는 선행 연구가 부족하여 타당한 근거를 제시할 순 없지만, 인원의 적고 많음에 관계없이 재활운동이 환측 굴근력을 긍정적인 방향을 향상시키는 목적은 충분히 달성할 수 있다고 판단된다.

일곱째, 재활운동이 환측 굴근력에 미치는 효과는 출판유형에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 학위논문( $ES=0.831$ )은 높은 효과크기, 학술지 게재 논문( $ES=0.527$ )은 중간 효과크기로 학위논문의 ES 평균이 다소 높은 경향을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 학위논문보다 학술지 게재 논문의 편수가 적고 ES에 대한 표준오차(SE)가 학위논문보다 상대적으로 크다. 즉, 학위논문들의 ES보다 학술지 게재 논문들의 ES들의 변산 정도가 크기 때문으로 유추해 볼 수 있다. 또한, 학위논문과 비교하면 학술지 게재 논문의 ES 평균이 다소 낮더라도 질적으로 통제된 학술지 게재 논문의 인용과 분석은 앞으로 재활운동 분야의 연구에서 매우 중요한 방향이 될 수 있다는 사실에 유념할 필요가 있다.

## 2) 환측 신근력에 미치는 효과

전방십자인대 재건술 후 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과크기의 평균은 0.904로써 Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 큰 효과크기에 해당된다. 평균 효과크기의 95%신뢰구간(하한값, 상한값)에 의하면 0.729, 1.078을 보임으로써 통계적으로 유의한 계수이다. 이와 같은 결과에 의하면 전방십자인대 재건술 후 재활운동은 환측 신근력을 향상시키기 위한 변인으로 유용하게 사용할 수 있음을 시사해 준다.

선정된 12편의 연구로부터 산출된 효과크기들의 동질성 검증( $Q, I^2$ )결과에 의하면 각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다. 이러한 효과크기들의 이질성에 작용할 수 있다고 판단되는 7개의 중재 변인이 효과크기의 차이(이질성)에 영향을 미치는지 아닌지를 논의하면 다음과 같다.

첫째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 성별에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 성별의 모든 하위집단에서 통계적으로 유의한 효과크기가 나타나 재활운동은 성별과 관계없이 환측 신근력을 긍정적인 방향으로 향상시킬 수 있음을 시사해준다. Cureton et al.(1988)와 Wilmore(1974)의 연구를 살펴보면, 동일한 조건에서 성인 남녀를 대상으로 저항운동을 실시하였을 때, 무릎 신전 시근력이 남자는 28.8%, 여자는 33.9%, 레그프레스 근력이 남성은 26%, 여성은 30%로 각각 증가하여 여자가 남자에 비해 근력 증가 비율이 높게 나타나 본 연구의 결과(남자 $ES=0.863$ , 여자 $ES=1.183$ )를 지지하고 있다. 그러나 Pincivero, Gandaio & Ito(2003)의 연구에서는 여성보다 남성에서 더 큰 자발적인 힘(force) 생산(absolute units)이 관찰되었으며(Hunter & Enoka, 2001; Kanehisa, Okuyama, Ikegawa, &

Fukanaga, 1996; Maughan, Harmon, Leiper, Sale, & Delman, 1986; Pincivero, Gear, Sterner & Karunakara, 2000), 이러한 값을 체질량으로 표준화해도 무릎 신근과 굴근의 피크 토크에 대해 성별 차이가 약화되지 않았고 남성에게서 유의하게 높게 나타났다(Pincivero, Gandaio & Ito, 2003). 또한, 이러한 차이에 대해 대퇴사두근에 있는 속근 섬유질의 비율이 여성보다 남성이 높기 때문일 것으로 설명되고 있다(Simoneau & Bouchard, 1989). 이러한 결과들은 남성과 여성의 초기 근력 수준 그리고 남성과 여성의 생물학적 차이에 대한 고려가 부족하여 상반되는 결과들이 제시되고 있다고 사료된다. 하지만, 환측 굴근력에서는 나타난 성별의 차이가 환측 신근력에서는 왜 나타나지 않았는지에 대해 좀 더 명확한 근거를 제시하기 위해서는 남성과 여성을 동일한 비율로 초기 근력 상태와 생물학적 차이를 고려한 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

둘째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 연령에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. Jozsi, Campbell, Joseph, Davey & Evans(1999)은 노인과 젊은 그룹 사이의 근육의 근력(strength)과 힘(power)의 기준선의 차이는 II형 섬유 면적의 감소와 이에 상응하는 느린 수축 단백질 함량의 증가와 관련이 있을 가능성을 제시하였지만, 이러한 연령 관련 변화에도 불구하고 노인과 젊은 성인 집단 모두에서 유사한 신근의 근력(strength)과 힘(power)의 개선이 관찰되었다. 다시 말해, 동일한 운동을 수행하는 젊은 성인 집단과 건강한 노인의 근력 향상은 동일한 수준이라는 것이다. 본 연구에서 분석하는 재활운동의 경우에도 체중과 기구를 이용한 저항운동이며, 대상 그룹의 연령 역시도 10대 후반에서 30대 초반으로 비슷한 젊은 성인 집단에 속해 있으므로 근력은 향상되었지만, 하위집단 간 차이는 없는 것으로 나타난 것이라 판단된다.

셋째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 운동시간에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 90분 미만( $ES=1.068$ ), 90분 이상( $ES=0.901$ ), 운동의 set 수와 휴식시간만을 표기하여 정확한 시간은 알 수 없으나 대략적인 시간은 양쪽 그룹에 속해 있는 none( $ES=0.820$ )의 ES 평균이 통계적으로 유의하였다. 이러한 사실을 고려한다면 재활운동은 환측 신근력을 긍정적인 방향으로 향상시킬 수 있음을 시사해 준다.

넷째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 운동빈도에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 연구결과를 살펴보면, 주 5회 ES 평균이 주 3회보다 다소 높은 중간 정도의 효과크기를 나타내고 있어 ACSM(2016)의 권고와 맥락을 같이 하고 있다. Schoenfeld, Ogborn & Krieger(2016)의 연구결과 역시도 저항훈련 시 높은 훈련 빈도와 낮은 훈련 빈도에 대한 이점은 효과크기( $0.49 \pm 0.08$  vs  $0.30 \pm 0.07$ )와 근육 성장의 평균 퍼센트 변화( $6.8 \pm 0.7\%$  vs  $3.7 \pm 0.5\%$ ) 모두에서 발견되어 더 높은 그룹에서 이점이 있었음이 본 연구결과를 뒷받침하고 있다. 따라서, 효과크기의 이질성을 통해 훈련 빈도 간 차이는 발견할 수 없었지만, 주 3회의 빈도보다는 주 5회의 빈도가 다소 높은 경향을 나타내고 있다고 설명할 수 있다.

다섯째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 운동기간에 따라 차이가 없는

것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 12주 이하( $ES=0.917$ )와 13주 이상( $ES=0.848$ )의  $ES$ 는 큰 정도의 효과크기를 나타내고 있다. 이러한 결과는 전방십자인대 재건술 후 재활운동을 12주 이하로 실시하더라도 환측 신근력을 긍정적으로 향상시킬 수 있음을 시사해 준다. 또한, 전방십자인대 손상 후 스포츠 활동에 참여할 경우 운동을 통해 대퇴사두근은 건측과 비슷해지지만, 슬괵근은 오히려 더 좋아진다고 보고한 Giove, Miller 3rd, Sanford & Garrick(1983)의 결과 역시도 환측 굴근력보다 신근력의 효과크기가 다소 높게 나타난 본 연구결과를 지지하고 있다.

여섯째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 재활운동 인원에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 재활운동 인원의 모든 하위집단에 재활운동의 효과가 나타났으며, 10명 미만( $ES=1.044$ ), 10명 이상( $ES=0.778$ ) 순으로 재활운동의 효과가 높은 것으로 나타났다. 환측 굴근력에서는 나타난 인원의 차이가 환측 신근력에서는 왜 나타나지 않았는지에 대한 이유는 선행 연구의 부족으로 정확히 제시할 수 없지만, 재활운동의 특성상 1:1 유형의 운동이 진행되다 보니 체계적이고 섬세하게 관리할 수 있는 10명 미만이기 때문에 나타난 결과인 것으로 사료된다. 이러한 결과는 인원의 적고 많음에 관계없이 재활운동이 환측 신근력을 긍정적인 방향으로 향상시키는 목적은 충분히 달성할 수 있다고 판단된다.

일곱째, 재활운동이 환측 신근력에 미치는 효과는 출판유형에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 결과에서는 학술지 게재 논문( $ES=0.991$ )이 학위논문( $ES=0.887$ )의 평균 효과크기보다 다소 높은 경향을 보이고 있다. 출판유형을 중재 변인으로 설정한 선행 연구(김정혜, 2021; 박윤희, 2015; 정혜정, 2018)를 살펴보면, 출판유형 간의  $ES$  평균에 대한 일관적인 패턴은 보이지 않고 있으며, 특별한 차이는 발견되지 않고 있다. 하지만 학술지 게재 논문과 학위논문 모두 큰 효과크기를 보이고 있는 만큼 재활운동의 효과를 규명하기 위해 수행된 연구가 어떤 형태로 출판되었는지와는 관계없이 결과를 제시하는 것에 대해서는 문제가 없다고 판단된다.

## 2. 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과 크기

Lysholm(슬관절 기능지수) 점수는 운동 혹은 일상생활 중에 느끼는 무릎의 불편함 정도를 수치로 척도화 시킨 것으로 전방십자인대의 불안정성과 기능적 장애를 평가할 수 있는 가장 객관적인 검사 도구로 인정받고 있는 항목 중 하나이다(하철원, 김종혁, 2002).

전방십자인대 재건술 후 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과크기의 평균은 1.040으로써 Cohen(1988)이 제안한 효과크기 해석 기준으로 볼 때 큰 효과크기에 해당된다. 평균 효과크기의 95%신뢰구간(하한값, 상한값)에 의하면 0.862, 1.219를 보임으로써 통계적으로 유의한 계수이다. 이와 같은 결과에 의하면 전방십자인대 재건술 후 재활운동은 슬관절 기능지수를 향상시키기 위한 변인으로 유용하게 사용할 수 있음을 시사해 준다.

선정된 12편의 연구로부터 산출된 효과크기들의 동질성 검증( $Q, I^2$ )결과에 의하면

각 개별 연구에서 추출된 효과크기는 서로 이질적인 것으로 나타났다. 이러한 효과크기들의 이질성에 작용할 수 있다고 판단되는 7개의 중재 변인이 효과크기의 차이(이질성)에 영향을 미치는지 아닌지를 논의하면 다음과 같다.

첫째, 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과는 성별에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만, 성별의 모든 하위집단에서 재활운동의 효과가 나타났으며, 여자(ES=1.318), 남자(ES=1.023), none(ES=0.890)의 순으로 재활운동 효과가 높은 것으로 나타났다. 세 집단 모두 큰 효과크기로 굴근력과 신근력의 향상이 기능지수의 향상으로 이어졌으리라 판단되며, 특히, 여자를 대상으로 실험한 연구의 평균 효과크기가 가장 높은 것은 여자를 대상으로 실험한 연구의 수는 2편인 반면, 유의한 효과가 크게 나타났기 때문인 것으로 사료된다.

둘째, 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과는 연령에 따라, 셋째, 운동시간에 따라, 넷째, 운동빈도에 따라, 다섯째, 운동기간에 따라, 여섯째, 인원에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 연령, 운동시간, 빈도, 기간의 각 하위집단의 평균 효과크기는 큰 효과크기로 슬관절 기능지수 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 슬관절 기능지수는 개인의 주관적인 지표이기 때문에 재활운동을 통한 슬관절 근기능이 향상된 결과가 반영된 것으로 사료된다. 또한 Keays, Bullock-Saxton, Newcombe & Keays(2003)는 슬관절 기능의 향상을 위해서는 대퇴사두근의 근력 향상이 필요하다고 보고하고 있어 본 연구결과를 뒷받침하고 있다. 하지만, 반대로 Cybex 검사상의 대퇴사두근의 근력 차이가 슬관절 기능지수에 큰 영향을 미치지 못한다는 조우신 등(2005)의 보고도 존재한다. 이러한 양측의 주장을 살펴볼 때, 재활운동이 전방십자인대 재건술 후 긍정적인 영향을 나타내는 것은 사실이지만, 슬관절 기능지수의 향상은 개인의 일상에서의 불편함 그리고 통증과 부종의 정도를 수치화하는 과정에서 일어날 수 있는 객관적이지 못한 한계도 있음을 인지해야 할 것이다. 또한, 운동량, 영양섭취, 훈련목표 등과 같은 여러 요인에 따라 결과가 달라질 수 있다는 사실도 유념해야 할 것이다.

일곱째, 재활운동이 슬관절 기능지수에 미치는 효과는 출판유형에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.01$ ). 출판유형의 모든 하위집단에서 재활운동의 효과가 나타났으며, 학위논문(ES=1.170), 학술지 게재 논문(ES=0.710)의 순으로 재활운동의 효과가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학위논문보다 더욱 엄격한 심사에 의한 판정을 받는 학술지 게재 논문의 효과크기가 큰 경향성을 나타냈던 선행연구(Borenstein, Cooper, Hedges & Valentine, 2009; Cooper, 1998; Egger, Smith, Schneider & Minder, 1997)들의 결과와는 반대되는 결과이다.

학위논문보다 학술지 게재 논문의 편수가 현저하게 적은 것이 원인으로 사료되지만, 학술지 게재 논문의 경우에도 큰 효과크기에 해당되고 질적으로도 통제되는 만큼 재활운동의 효과를 분석하는 데 효과적이라 할 수 있을 것이다.

많은 연구에서 사용되는 lysholm 설문지는 무릎 신전근 부족이 20% 미만인 경우 유용한 예측 도구이며, 임상이가 재활에 필요한 시간을 결정하는 데 도움을 줄 수 있다. 하지만, 그 정확성은 등속성 평가를 대체하는 데 사용될 때 주의가 필요함을



인지해야 할 것이다(Andrade, Castro, Livani & Belangero, 2020).

## VI. 결론

전방십자인대 재건술 후 재활운동의 효과에 대해 알아보기 위한 본 연구의 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 환측 굴근력의 평균 효과크기는 중간 효과크기이다.

둘째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 환측 신근력의 평균 효과크기는 큰 효과크기이다.

셋째, 전방십자인대 재건술 후 재활운동에 따른 슬관절 기능지수의 평균 효과크기는 큰 효과크기이다.

넷째, 환측 굴근력에서 차이가 있는 중재 변인의 효과크기는 성별(여자=1.338, 남자=0.611), 운동시간(90분 이상=1.021, 90분 미만=0.868), 인원(10명 미만=0.917, 10명 이상=0.578), 출판유형(학위논문=0.831, 학술지=0.527)이다.

다섯째, 환측 신근력에서는 중재 변인의 차이가 나타나지 않았다.

여섯째, 슬관절 기능지수에서 차이가 있는 중재 변인의 효과크기는 출판유형(학위논문=1.170, 학술지=0.710)이다.

이와 같은 결과를 종합해보면, 전방십자인대 재건술 후 재활운동은 스포츠 현장으로의 빠른 복귀를 위해 적극적으로 실시하는 것이 좋으며, 슬관절 근기능에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 실험자들이 느끼는 주관적인 기능지수 또한 향상시킨다는 것을 알 수 있었다. 그러나 슬관절 기능지수의 경우 개인의 주관적인 영향이 큰 변인이므로 더욱 객관적으로 측정할 수 있는 도구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 분석된 연구의 수가 적기 때문에 연구결과의 일반화 가능성을 제한할 수 있다. 또한, 연구의 디자인 역시 이질적으로 나타났다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 자료 수집 시 RCT 설계를 수집하려고 노력했으며, 디자인의 이질적인 문제 역시 중재 변인 분석을 수행하여 문제를 완화하려고 노력했다. 하지만, 분명하게 드러나 있는 RCT 설계의 연구가 부족함과 선행 연구의 부족이 한계점으로 나타났다. 따라서, 동일한 재활운동과 집단 등 균일한 연구 설계가 필요할 것이다.

## 참고문헌

- 강세윤(1984). 운동과 재활. **대한스포츠학회지**, 2, 29-33.
- 경희수, 김희수, 인주철, 노정호(2003). 중년 이후의 환자에서 전방십자인대 재건술. **대한슬관절학회 제21차 정기학술대회 초록집**, 31.
- 김도경(2008). 전방십자인대 재건술 전 가정 재활운동이 슬관절 근력과 고유수용감각에 미치는 영향. 박사학위논문, 성균관대학교 대학원.
- 김려섭(2000). **슬관절**. 서울: 군자출판사, 78-154.
- 김려섭(2007). **슬관절**. 서울: 최신의학사. 69-184.
- 김상규, 빈성일, 김철준(1997). 전방십자인대 손상환자 재활에서 슬관절 등속성 근력 측정의 유용성. **대한스포츠학회지**, 15(2), 225-234.
- 김상훈, 강신영, 민병현(2000). 자가 복합 슬괙근건과 개선된 단 절개술식을 이용한 전방십자인대 재건술. **대한정형외과학회지**, 35(4), 727-733.
- 김용권(2002). 전방십자인대 재건술 후 12주 동안의 운동프로그램이 인대안정성, 대퇴근력 및 슬관절 기능 지수에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 김정혜(2021). 신체활동 참여 장애인의 정신적 웰빙에 대한 메타분석. 미간행 박사학위논문. 단국대학교 대학원.
- 김주오(1989). 급성 전방십자인대 손상의 치료. **대한슬관절학회지**, 1(1), 27-31.
- 김진구, 양상진, 옥정석, 박우영, 안근옥(2013). 전방십자인대 재건술 후 24주간의 재활훈련이 남녀의 기능성 수행능력에 미치는 영향. **체육과학연구**, 24(2), 195-203.
- 나영무(2002). **스포츠 손상과 재활치료**. 서울: 한미의학. p.261.
- 나영무, 김진홍, 이홍재, 유병규, 윤영설, 이건철, 이태임, 한상완, 유태원, 정동혁, 김용균, 남종철, 주성주, 장재원, 장석암, 강보관, 조영재, 지송운, 박미경(2008). **스포츠 의학, 손상과 재활치료(제2판)**. 서울: 도서출판 한미의학.
- 김의재, 강현욱(2017). 신체활동 기반 전통놀이의 사회적 효과에 대한 메타분석. **한국체육학회지**, 56(3), 241-254.
- 남우혁, 임홍철, 문준규, 이승준, 박찬웅, 양재혁(2005). 전방십자인대 재건술 후 수상 전 상태로 복귀 가능성에 대한 고찰. **대한스포츠학회지**, 23, 49-53.
- 민병훈, 김상훈(2000). 자가 복합 슬괙근건과 개선된 단절개술식을 이용한 전방십자인대 재건술. **대한정형외과학회지**, 35(5), 727-733.
- 박병재(2011). 체간 안정화 복합 운동이 전방십자인대 재건술 후 무릎근력 및 안정성에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 고려대학교 의용과학대학원.
- 박윤희(2015). 무용프로그램이 생활만족도에 미치는 효과: 메타분석. 미간행 박사학위논문. 숙명대학교 대학원.

- 배태수, 강성재, 최경주, 김신기, 유재욱, 진미령, 문무성(2003). 슬관절 등속성 운동 시 근골격 모델의 검증: 실험 및 모의실험 연구. **대한정형외과연구학회지**, 6(2), 186-195.
- 심기동(2010). 전방십자인대 재건술 방법에 따른 가속 재활운동프로그램 적용이 엘리트스포츠 선수들의 슬관절 등속성 근력, 주관적 근기능 및 고유수용감각 기능에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 고려대학교 의용과학대학원.
- 안근옥(2009). 전방십자인대 재건술 후 재활 운동 효과의 성차. 박사학위논문. 단국대학교 대학원.
- 안기만(2004). 전방십자인대 수술 전 재활운동이 수술 후 슬관절 대퇴돌레, 근기능 및 슬관절 기능지수에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 사회체육대학원.
- 염윤석, 조우신, 황지효, 안성찬, 안지용, 이근춘(2007). 전방십자인대 재건술 후 근력의 회복. **대한스포츠의학회지**, 25(1), 106-110.
- 오성삼(2007). 메타분석의 이론과 실제. 서울: 건국대학교 출판부
- 오인영(2010). 12주 가속재활운동이 전방십자인대 재건술 후 하지근력, Balance, 대퇴돌레 및 슬관절 기능지수에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 국민대학교 스포츠산업대학원.
- 옥정석, 박우영, 김기홍(2006). 고유수용성 운동이 노인 여성의 평형감각 기능에 미치는 영향. **운동과학**, 15(1), 87-96.
- 윤성원(2002). 슬관절 십자인대 손상과 재활운동. **스포츠과학회지**, 8, 21~29.
- 이광준, 김병로, 김정태, 임인수(2013). 전방십자인대 재건술 후 12주간 5단계 운동 재활프로그램이 슬관절 기능지수, 근활성도, 주동근/길항근 비율에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 52(2), 483-494.
- 이수영, 신화경, 조상현(2003). 등척성 운동시 운동강도에 따른 중앙주파수의 특성. **한국전문물리치료학회지**, 10(3), 141-149.
- 이은애, 변재철(2006). 전방십자인대 재건술 후 가속화 재활운동 프로그램의 효과. **발육발달학회지**, 14(1), 61-69.
- 이인식, 임재영, 김유수, 정선근, 한태륜, 김태균(2005). 전방십자인대 재건술 후 가속 재활 효과의 평가를 위한 새로운 등속성 지표. **대한스포츠의학회지**, 23(3), 251-256.
- 이한준, 박치우(2011). 종설: 전방십자인대 재건술 후 재활. **대한슬관절학회지**, 23(2), 69-78.
- 이혜진(2017). 학교 흡연예방, 금연 프로그램의 효과성: 체계적 문헌고찰 및 메타분석. 미간행 박사학위논문, 이화여자대학교 대학원.
- 장지웅, 정석률, 이성기(2008). 전방십자인대 재건술 후 16주간의 가속 재활운동프로그램이 엘리트 선수들의 근기능 및 기능점수에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 34, 925-934.
- 전매희, 정현(2013). 유도선수의 슬관절 전방십자인대 부상 후, 재건술과 초기재활프

- 로그램 적용 시 효과. **대한무도학회지**, 15(1), 13-23.
- 정순탁, 황지혜, 제세영, 박원하, 이용택, 김현숙(2004). 고유수용성 감각 증진운동이 균형 능력 및 근력의 향상에 미치는 영향. **대한재활의학회지**, 28(2), 151-156.
- 정영복, 정호중, 남창현, 이용석, 양재준 (2008). 전방십자인대 이중다발 재건술 후 기능적 슬관절 보조기 착용군과 미착용군의 비교연구 - 최소 1년 추시 결과, **대한정형학회지**, 43(6), 738-745.
- 정제순(2006). 가속재활운동이 전방십자인대 재건술 후 슬관절의 근기능과 대퇴골에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 20(5), 173-186.
- 정진욱(2012). 전방십자인대 손상환자에서 재건술 전 복합적 재활운동 프로그램이 슬관절 고유수용감각에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- 정현(2013). 전방십자인대 재건술 후 가속재활운동프로그램의 효과. 미간행 박사학위논문. 경기대학교 대학원.
- 정혜정(2018). 무용프로그램이 자아존중감에 미치는 효과: 메타분석 방법의 적용. 미간행 박사학위논문. 세종대학교 대학원.
- 조우신, 빈성일, 조용선, 한영길, 차호인 (1997). 전방십자인대 손상의 보존적 치료. **대한정형외과학회지**, 32(2), 282-287.
- 조우신, 설의상, 김민영, 안형성, 지형철(2005). 전방십자인대 재건술 후 스포츠 재활운동의 효과. **대한스포츠학회지**, 23(2), 241-245.
- 조정희, 정소봉(2001). 등장성 운동을 통한 폐쇄역학운동과 개방역학운동의 근활성도 분석. **한국체육학회지**, 40(4), 633-643.
- 조종현, 박원하(1999). 전방십자인대 재건술 후 슬관절 등속성 변인의 특성. **대한스포츠의학회지**, 17(1), 176-187.
- 진행미, 정현(2006). 전방십자인대 재건술 후 초기재활운동프로그램이 슬관절 근기능에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 20(2), 55-66
- 최성욱, 김명구(2008). 동종과 자자 골-슬개관-골을 이용한 전방십자인대 재건술의 비교, **대한스포츠의학회지**, 26(2), 198-202.
- 하철원, 김종혁(2002). 전방 십자 인대 손상 환자에서 KT 2000 슬관절계, Cybex 등속성 근력검사 및 Lysholm 점수간의 상관관계 분석. **대한슬관절학회지**, 14(2), 173-179.
- 한국보건의료연구원(2011). NECA 체계적 문헌고찰 매뉴얼. NECA 연구방법 시리즈, 2011, 1-287.
- 현광석(2000). 재활운동프로그램이 전방십자인대 재건술 환자의 근 기능과 신체조성에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 고려대학교 대학원.
- 황성동(2014). **알기 쉬운 메타분석의 이해**. 서울: 학지사.
- ACSM Position Stand (1998). Recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and

- flexibility in healthy adults. *Med and Science in Sports and Exerc*, 30, 975-991.
- ACSM (2016). Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 48: 543-568.
- Andersen, L. L., Magnusson, S. P., Nielsen, M., Haleem, J., Poulsen K., & Aagaard, P. (2006). Neuromuscular Activation in Conventional Therapeutic Exercises and Heavy Resistance Exercises: Implications for Rehabilitation. *Physical Therapy*, 86(5), 683-697).
- Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Thompson, W. L. (2000). Null hypothesis testing: problems, prevalence, and an alternative. *The journal of wildlife management*, 64(4), 912-923.
- Andrade, A. L. L., Castro, A., Livani, B., & Belangero, W. D. (2020). Association between Lysholm score and muscular torque deficit after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Otrhopaedic Surgery*, 28(2), 1-7.
- Arnold, J. A., Coker, T. P., Heaton, I. M., Park. J. P. & Harris, W. P. (1979). Natural History of anterior cruciate tears, *American Journal of Sport Medicine*, 7, 305-313.
- Bach BR Jr, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, & Khan NH. (1998). Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five to nine year follow-up evaluation. *Am J Sports Med*, 26, 12-18.
- Bahr, R. & Krosshuag, T. (2005). Understanding injury mechanisms : a key component of preventing injuries in sport, *Br J Sports Med*, 39(6), 324-9.
- Barry, P., Boden, G., Scott, D., John, A., Feagin, Jr., William, E., & Gattett, Jr. (2000). Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Orthopedics*, Jun 23(6), 573-578.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Cochrane, J. L., & Ackland, T. R. (2001). External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Med. Sci. Sports Exerc*, 33(7), 1168-1175.
- Bieler, T., Sobol, NA., Andersen, LL., Kiel, P., Løfholm, P., Aagaard, P., Magnusson, SP., Krogsgaard, MR., & Beyer, N. (2014). The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *Biomed Res Int*, 2014, 278512.
- Borenstein, M., Cooper, H., Hedges, L., & Valentine, J. (2009). Effect sizes for continuous data. *The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis*, 2, 221-235.
- Brotsman, S., & Kevin, E. (2003). *Clinical orthopaedic rehabilitation 2<sup>nd</sup> ed.*

*Philadelphia.*

- Brotsman, S. B. (1996). *Handbook of orthopaedic rehabilitation*. St Louis.
- Burdett, R. G., & Van Swearingen, J. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance test. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(10), 484-488.
- Cabaud, H. E. (1983). Biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop*, 172, 26-31.
- Chmielewski, TL., George, SZ., Tillman, SM., Moser, MW., Lentz, AT., Indelicato, PA., Trumble, TN., Shuster, JJ., Cicuttini, FM., & Leeuwenburgh, C. (2016). Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*, 44(3), 609-17.
- Christ Kramed. (1999). Illustration Available from [:http://www.coachroblowe.com/injuries-lower-knee-joint-picture.htm](http://www.coachroblowe.com/injuries-lower-knee-joint-picture.htm)
- Cochran, W. (1954). The Combination of estimates from different experiments. *Biometrics* 10, 101-129.
- Cohen, J. (1994). The earth is round ( $p < .05$ ). *American Psychologist*, 49(12), 997-1003.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*(2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Cooper, H. (1998). *Synthesising Research: A guide for literature reviews* (3rd ed.). Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Cooper, H. (2010). *Research synthesis and meta-analysis: A step by approach*(4th ed.). SAGE publication Inc.
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.). (2019). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. Russell Sage Foundation. 380-383.
- Cooper, K., Kirkpatrick, P., & Florida-James, S. (2019). Incorporating Qualitative Evidence in Clinical Practice Guidelines: A Scottish Perspective. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 17, S6-S8.
- Cureton, K. J., Colins, M. A., Hill, D. W., & McElhannon, F. M. (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 338-344.
- Davies, G. (1984). *Principles of Isokinetic Testing*. A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage. Lacrosse, WI: Simon and Schuster.
- Duda, M. (1988). Plyometrics: a legitimate from of power training?. *The Physician and SportsMedicine*, 16(3), 212-218.
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and Fill: A Simple Funnel-plot-based Method of Testing and Adjusting for Publication Bias in Meta-Analysis. *Biometrics*, 56(2), 455-463.

- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, *315*, 629-634.
- Ellison, A. E., & Berg, E. (1985). Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am*, *16*, 3-14.
- Feagin, J. A., & Curl, W. W. (1998). Isolated tear of the anterior cruciate ligament 50-year follow-up study. *Am J Sports Med*, *4*, 95-100.
- Fu, F. H., Woo, S. L-Y., & Irrgang, J. J. (1992). Current concepts for rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *15*(6), 270-278.
- Fukuda, T. Y., Fingerhut, D., Moreira, V.C., Camarini, P.M., Scodeller, N.F., Duarte, A. Jr., Martinelli, M., & Bryk, F.F. (2013). Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med*, *41*(4), 788-94.
- Galway, R. D., Beaupre, A., & MacIntosh, D. L. (1972). Pivot shift : A clinical sign of symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. *Journal of Bone Joint Surgery*. *54*(B), 761-764.
- Gerald, M., James, J., & Dave, P. (2000). Biomechanical consideration for rehabilitation of the knee. *Clin. Biomech.*, *15*, 160-166.
- Georgoulis, A. D., Pappa, L., Moebius, V., Pappa, S., Papageorgiou, C. O., Agnantis, N. J., & Soucacos, P. N. (2001). The presence of proprioceptive mechanoreceptor in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *9*, 364-368.
- Giove, T. P., Miller 3rd, S. J., Kent, B. E., Sanford, T. L., & Garrik, J. G. (1983). Non-operative treatment of the torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*, *65*(2), 184-92.
- Giugliano, D. N., & Solomon, J. L. (2007). ACL tears female athletes. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, *18*(3), 417-38.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational researcher*, *5*(10), 3-8.
- Gobb, A., & Francisco, R. (2006). Factor affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: A prospective clinical investigation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *14*, 1021-1028.
- Goodfellow, J., & O' Connor, J. (1978). The mechanics of the knee and prosthesis design, *Journal of Bone and Joint Surgery*, *60B*, 358.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic Z.



- (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *48*, 1207-1220.
- Harput, G., Ulusoy, B., Yildiz, TI., Demirci, S., Eraslan, L., Turhan, E., & Tunay, VB. (2019). Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *27*(1), 68-75.
- Hedges, L. V. (1981), "Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators." *Journal of Educational Statistics*, *6*(2): 106-128.
- Hedges, L. V. (1982). Estimation of effect size from a series of independent experiments. *Psychological Bulletin*, *92*(2), 490-499.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1983). Regression models in research synthesis. *The American Statistician*, *37*(2), 137-140
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for Meta-Analysis*. San Diego, CA: Academic press.
- Henry, D. E., Jeniffer, M. L., & Elizabeth, S. (2010). Physiotherapy and rehabilitation following soft-tissue surgery of the knee. *Journal of orthopaedics trauma surgery and related research*, *24*(2) : 129-138.
- Hemilä, H. (2019). Random-effects Assumption in Meta-Analyses. *Journal of the American Medical Association*, *322*(1), 81-81.
- Higgins J. P., Thompson S. G., Deeks, J. J., & Altman D. G., (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, *327*, 557-600.
- Hoffman, M., & Patne, V. G. (1995). The effects of Proprioceptive ankle disk Training On healthy subjects. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *21*(20), 90-93.
- Huffcutt, A. I., & Arthur, W. Jr. (1995). Development of a new outlier statistic for meta-analytic data. *Journal of Applied Psychology*, *80*, 327-334.
- Hunter, SK., & Enoka, RM. (2001). Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *J Appl Physiol*, *91*, 2686-2694.
- Jenkins DB. (2002). Functional anatomy of the limbs and back. W.B Saunders Company(8th edition), p235-244, 273-296.
- Jin, Y. W. (2013). A biomechanical analysis according to passage of rehabilitation training program of ACL patients. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *23*, 235-243.
- Jozsi, A. C., Campbell, W. W., Joseph, L., Davey, S. L., & Evans W. J. (1999). Changes in Power with Resistance Training in Older and Younger Men and

- Women. *Journals of Gerontology : Series A*, 54(11), 591-596.
- Kanehisa H., Okuyama H., Ikegawa S., & Fukunaga T. (1996). Sex differences in force generation capacity during repeated maximal knee extensions. *Eur J Appl Physiol*, 73, 557-562.
- Karlson, J. A., Steiner, M. E., Brown, C. H., & Johnston, J. (1994). Anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinosus tendons. Comparison of through the condyle and over the top graft placements. *Am. J. Sports Med.* 22, 659-666.
- Keays KL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P, & Keays AC. (2003). The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*, 21, 231-237.
- Kell, RT. (2011). The Influence of Periodized Resistance Training on Strength Changes in Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 735-744.
- Lipsey, M. W., & Wilson, D. B. (2001). *Practical meta-analysis*. Thousand Oak, CA: Sage.
- Liuambrose, T., Mcconkey, P., & Aunton, J. E. (2003). The effects of proprioceptive or strong training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee. a randomized clinical trial. *J. Med. sci. Sports*, 3, 115-123.
- Lloyd, D. G.(2001). Rationale for training program to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Orthop. Sports Phys. Ther.*, 31(11), 645-654.
- Johnson R. J., Beynon B. D., Nichols C. E., & Renstrom P. A. (1992). The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *The Journal of bone and joint surgery*, 74(1), 140-51.
- Lysholm, J., & Gillquist, H. K. (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am. J. Sports Med.*, 10, 150-154.
- Manjine, R. E., & Noyes, F. R. (1992). Rehabilitation of the allograft reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 15(6), 294-302.
- Maughan RJ., Harmon M., Leiper JB., Sale D., & Delman A. (1986). Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. *Eur J Appl Physiol*, 55, 395-400.
- Mesfar, W., & Shirazi-Adl, A. (2006). Biomechanics of changes in ACL and PCL material properties or prestrains in flexion under muscle force-implications in ligament reconstruction. *Comput Methods Biomech. Biomed. Engin.* 9(4),

201-109.

- Miller, S., & Gladstone, J. N. (2002). Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Orthopedic Clinics of North America*, 33(4), 675-683.
- Morrissey, C. M., Harman, A. E., & Johnson, J. M. (1995). Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med and Science in Sports and Exerc*, 27, 648-660.
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Physical Rehabilitation(2nd Ed.)*. Philadelphia, Pennsylvania: Mosby.
- Nicholas, J. A., Strizak, A. M., & Veras, G. (1976). A study of thigh muscle weakness in different pathological status of the lower extremity. *American Journal of Sports Medicine*, 4(6), 241-248.
- Olejnik, S., & Algina, J. (2000). Measures of effect size for comparative studies: Applications, interpretations, and limitations. *Contemporary educational psychology*, 25(3), 241-286.
- Petersen, W., & Zantop, T. (2006). Partial rupture of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 22(11), 1143-1145.
- Phan, K., Tian, D. H., Cao, C., Black, D., & Yan, T. D. (2015). Systematic Review and Meta-Analysis: Techniques and A Guide for the Academic Surgeon. *Ann of Cardiothorac Surg*, 4(2), 112.
- Pincivero, D. M., Gandaio, C. B., & Ito, Y. (2003). Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *Eur J Appl Physiol*, 89, 134-141.
- Pincivero, D. M., Gear W. S., Sterner, R. L., & Karunakara, R. G. (2000). Gender differences in the relationship between quadriceps work and fatigue during high-intensity exercise. *J Strength Condit Res*, 14, 202-206.
- Piziali, R. L., Sering W. P., Nagel D. A. & Schurman D. J. (1980). The function of the primary ligament of the knee in anterior-posterior and medial-lateral motions. *J. Bio mech.* 12(7)-784.
- Ploutz, L. L., Tesch, P. E., Biro, L., & Gary, E. D. (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J of Applied Phys*, 76, 1675-1681.
- Richardson, C. (1985). *The role of the knee musculature in high speed oscillating movements of the knee*. MTAA 4th Biennial Conference Proceedings. Brisbane, Australia.
- Rosenthal, R. (1979). The File Drawer Problem and Tolerance for Null Results. *Psychological Bulletin*, 86(3), 638-641.
- Rosenthal, R. (1980). *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Newbury Park: Sage.

- Rossi, M. D., Brown, L. E., & Whitehurst, M. (2006). Knee extensor and flexor torque characteristics before and after unilateral total knee arthroplasty. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 85(9), 737-746.
- Ryan, L. M., Magidow, P. S., Duncan, P. W. (1991). Velocity-specific and load-specific effects of eccentric isokinetic training of hamstring. *J of Orthop Sports Physi Thera*, 13(1) : 33-39.
- Salameh, J. P., McInnes, M. D., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Frank, R., & Bossuyt, P. M. (2019). Completeness of Reporting of Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy Based on the PRISMA-DTA Reporting Guideline. *Clinical Chemistry*, 65(2), 291-301.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effect of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46, 1689-1697.
- Seering, W. P., Piziali, R. L., Nagel, D. A., & Schurman, D. J. (1980). The function of the primary ligaments of the knee in varus-valgus and axial rotation. *Journal of Biomechanics*, 13(9), 785-794.
- Shelbourne, K. D., & Daveis, T. J. (1999). Evaluation of knee stability before and after participation in a functional sports agility program during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 27(2), 156-161.
- Shelbourne, K. D., & Nitz, P. (1990). Accelerated rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 18(3):292-29.
- Shen, W., Jordan, S., & Fu, F. (2007). Review article:Anatomic double bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Orthopedic. Surg.*, 15(2), 216-21.
- Silva-Fernández, L., & Carmona, L. (2019). Meta-Analysis in the Era of Big Data. *Clinical rheumatology*, 38(8), 2027.
- Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1989). Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am J Physiol*, 257, 567-572.
- Sterne, J. A., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., & Emberson, J. R. (2019). RoB 2: A Revised Tool for Assessing Risk of Bias in Randomised Trials. *British Medical Journal*, 366, 14898.
- Tagesson, S., Oberg, B., Good, L., & Kvist, J. (2007). A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sports Med*, 35(2), 298-307.
- Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Application of vascular occlusion

- diminish disuse of knee extensor muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2035-2039.
- Timm, K. E. (1998). Randomized controlled trial of Protonics on patellar pain, position, and function. *Med Sci Sports Exerc*, 30(5), 665-70.
- Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br. J. Sports Med.*, 41(1), 147-151.
- Vidmar, MF., Baroni, BM., Michelin, AF., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, GL., & Silva, MF. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*, 24(5), 424-432.
- Voracek, M., Kossmeier, M., & Tran, U. S. (2019). Which Data to Meta-Analyze, and How?. *Zeitschrift für Psychologie*, 227, 64-82.
- Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Andrews, J. R., Clancy, W. G., Lemak, L., Erber, D., & Hinger, D. (1992). Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: A 12-Week Follow-Up of Isokinetic Testing in Recreational Athletes. *Isokinetics and Exercise Science*, 2(2), 82-91.
- Wilmore, J. H. (1974). Alterations in strenght, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Medicine and Science in Sports*, 6, 133-138.
- Zult, T., Gokeler, A., van Raay, JJAM., Brouwer, RW., Zijdewind, I., Farthing, JP., & Hortobágyi, T. (2018). Cross-education does not accelerate the rehabilitation of neuromuscular functions after ACL reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Eur J Appl Physiol*, 118(8), 1609-1623.

## Abstract

### Meta-analysis on the effect of rehabilitation exercise after reconstruction of anterior cruciate ligament based on domestic studies

Seo, Myeong-il

Graduate School, University of Ulsan

Major in Sports Medicine

The purpose of this study is to verify the effect of rehabilitation exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. To achieve this purpose, RISS and NA NET were used to search domestic literature data, and 'anterior cruciate ligament' and 'anterior cruciate ligament reconstruction' were used as search words for related literature search. A total of 2,742 articles were searched for the collected articles, and a total of 12 articles dealing with dependent variables(knee joint's myofunction, function index) on the effect of rehabilitation exercise were finally selected for the meta-analysis. The collected data were encoded and then computer-processed using CMA.

First, frequency analysis and publication bias for each subcategory of the moderator variables were verified, and the effect size and 95%CI were calculated. Secondly, the homogeneity of the calculated effect sizes was verified and found to be heterogeneous, and the difference in effect size between the subcategories of the seven moderator variables was verified.

As a result of the analysis, First, rehabilitation exercise showed a medium effect size in improving the flexor muscle strength of involved. In particular, the effect was higher in women than in men, which is thought to be because the women did not participate in physical activity related to resistance exercise and thus had a low initial muscle strength. In addition, since rehabilitation exercise shows a large effect size with a time of less than 90 minutes, it is recommended that rehabilitation of less than 90 minutes is performed for those who perform rehabilitation exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. In addition, a group of less than 10 people should be organized to perform rehabilitation exercises, and a higher effect will be obtained through more delicate management and system

matic teaching than when a group of 10 or more people is organized.

Second, rehabilitation exercise showed a large effect size on the improvement of extensor muscle strength. However, as a result of examining the differences in heterogeneity, the moderator variables set in this study did not have an effect. Therefore, it is judged that it will be meaningful to find out what the moderator variables affecting the improvement of extensor muscle strength involved in rehabilitation exercise are through future research.

Third, rehabilitation exercise showed a large effect size in improving the knee joint's function index. According to these results, it is judged that improvement of flexor and extensor strength through rehabilitation exercise led to improvement of functional index. However, it should be recognized that the knee joint's function index has non-objective limitations that may occur in the process of quantifying the degree of discomfort and pain and swelling in daily life.

It is difficult to generalize these results because the number of studies used in the analysis of this study is small. Therefore, a comprehensive meta-analysis including the same type of foreign studies will be required. In addition, since the effect size of rehabilitation exercise varies according to the publication type of the study, care should be taken to collect qualitatively verified data in the process of data collection.