

The Effects of Exercise Program on Pain and Balance ability in Patients with Total Knee Replacement : Meta-analysis

Se-Ju Park*

*Physical therapist, Hanaro medical, Jeollanam-do, Korea

[Abstract]

This study attempted to systematically and comprehensively analyze individual studies in which exercise program on total knee replacement patients. The electronic database for literature search used the Korean educational Academic Information (RISS), Korean Academic Information (KISS) and Nuri Media (DBPIA). We investigated a prior study of exercise program applied to total knee replacement patients from 2015 to February 2021. For meta-analysis, effect size of each individual study was extracted using R project for Statistical computing version 4.0.3. Rob 2.0 tool, developed by the Cochrane group, was used to evaluate the quality of each individual study. The overall effect size exercise program with pain and balance was 0.99 (95% CI=0.53-1.44), which was significantly different than large effect size ($p<0.05$). The sub-group for pain was analyzed, for effect size of 0.62 and the effect size of balance scale(timed up and go test) was 1.00. Through these results, it was found that exercise program is an effective exercise for total knee replacement patients, and further research is needs.

▶ **Key words:** Balance, Exercise program, Meta-analysis, Pain, Total Knee replacement

[요 약]

본 연구는 무릎관절 전치환술 환자에게 시행된 운동 프로그램이 통증과 균형에 미치는 효과크기를 확인하고, 추후 이에 관한 운동 프로그램 개발에 대한 기초자료를 제공하고자 한다. 총 3개의 데이터베이스에서 문헌을 검색하여 본 연구에 적합한 연구 10편을 최종 선정하였다. R 프로그램을 이용하여 개별 연구의 효과크기를 확인한 결과, 전체 효과크기는 0.87로 큰 효과크기로 나타났다. 또한 통증에 관한 효과크기는 0.62로 중간 효과크기로 나타났고, 균형에 관한 효과크기는 1.00으로 큰 효과크기로 나타났다. 이처럼 각각의 운동 프로그램이 무릎관절 전치환술 환자의 통증을 감소시키고 균형 능력을 개선하는데 긍정적인 영향을 미친다.

▶ **주제어:** 균형, 운동 프로그램, 메타분석, 통증, 무릎관절 전치환술

I. Introduction

무릎관절은 신체의 여러 관절 중에서 체중 지지가 가장 많이 받는 관절이며, 퇴행성관절염이 발생하는 부위이다 [1]. 또한 좌식 생활을 하는 문화적인 특성 때문에 우리나라 사람들은 퇴행성 무릎관절염이 빈번하게 발생한다[2]. 퇴행성 무릎관절염은 40세부터 급격하게 증가하며, 환자는 보행 장애로 인해 일상생활동작에 제한을 받게 된다[3]. 퇴행성 무릎관절염 환자는 물리치료와 약물치료 등 치료 방법들이 있으나, 근본적인 치료 방법으로는 무릎관절 전치환술이 시행되고 있다[4].

무릎관절 전치환술을 받은 환자들의 60% 이상에서 심한 통증을 느끼게 되며, 30% 이상은 중간 이상의 통증이 발생하고 있다[5]. 이러한 통증은 시간이 지날수록 약해지지만 3개월 이상 만성 통증으로 발전되는 경우도 있다[6]. 수술 후 발생하는 통증은 일상생활활동을 방해하여 환자의 삶의 질을 저하시키므로, 무릎관절 전치환술을 받은 환자들의 통증을 관리하는 것은 매우 중요하다[7]. 또한 무릎관절 전치환술을 받은 환자는 통증이나 관절의 강직으로 인한 이동 능력이 제한되어 균형 능력도 감소시킨다[8]. 그러므로 무릎관절 전치환술을 받은 환자의 운동 프로그램은 통증을 감소시켜 정상적인 일상생활을 하기 위한 균형 능력을 증진시키는데 중점을 두어야 한다[9]. 또한 수술 직후 환자를 대상으로 하는 운동 프로그램은 무릎관절에 충격을 줄이고 움직임에 따른 균형성을 수반할 수 있는 운동 프로그램이 필요하다.

무릎관절 전치환술을 받은 환자에게 시행하는 운동 프로그램으로는 오타고 운동[10], 고유수용성신경근촉진법 [11], 슬링 운동[12], 장애물 보행 운동[13], 혈류 제한 운동[14] 등이 임상에서 시행되고 있다. 이에 대한 선행연구들을 살펴보면, 무릎관절 전치환술을 시행한 환자를 대상으로 4주간 등척성운동과 세라 밴드 운동을 적용한 실험군이 등척성운동만 시행한 대조군보다 통증 감소에 유의한 차이가 있다고 하였고[15], 4주간 세라 밴드 운동과 등척성운동을 적용한 실험군과 등척성운동만 실시 한 대조군 모두 통증 정도에는 유의한 차이가 없다고 하였고[16]. 또 다른 연구에서는 슬링 운동을 무릎 전치환술 환자에게 적용한 실험군이 지속적 수동운동을 시행한 대조군보다 균형 능력에 긍정적인 영향을 주었다고 보고 하였고[12]. 이처럼 무릎관절 전치환술을 받은 환자를 대상으로 최적의 운동 프로그램을 중재하기 위해서는 최근에 발행된 연구를 바탕으로 체계적이고 정량적인 효과 비교가 필요한 실정이다. 효과크기를 산출하여 개별 연구들의 효과 비교를

위한 연구 방법으로 메타분석이 시행되고 있다[17].

메타분석이란 동일한 주제에 대한 많은 개별 연구들의 결과를 계량적이고 체계적으로 분석하는 방법이다[18]. 많은 연구자들은 제한된 대상자와 한정된 샘플 수 등의 문제들이 발생하게 되는데 메타분석은 연구 결과에만 치우치지 않고 과학적이고 통합적인 결과를 도출할 수 있다[19]. 메타분석을 수행하는 프로그램으로는 R-언어를 기초로 메타분석을 할 수 있는 ‘meta’ 와 ‘metafor’ 패키지가 폭넓게 사용되고 있다[20]. R-언어의 장점은 무료이면서 모든 통계분석 방법이 공개되어 있다는 것이다. 또한 R 프로그램은 확장성이 좋아 현재까지 개발된 중재 메타분석에서부터 진단검사 메타분석에 이르기까지 다양한 분석이 가능하다[21].

따라서 본 연구에서는 무릎관절 전치환술 환자에게 적용한 운동 프로그램이 통증 및 균형에 미치는 효과를 알아보기 위해 R 프로그램을 이용하여 효과크기를 구하여 검증하고자 한다. 이를 통해 무릎관절 전치환술 환자에게 시행하는 운동 프로그램에 대한 객관적인 효과크기를 제시하여 근거 중심 운동 프로그램에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. Methods

1. Subjects

본 연구는 연구대상 (무릎관절 전치환술 환자), 중재 방법 (운동 프로그램), 비교집단 (중재 또는 비 중재 방법), 연구 결과(통증 및 균형) 및 연구 설계 (무작위 배정 임상시험) 유형에 맞추어 정리하였다. 본 연구의 선정기준은 무릎관절 전치환술을 받은 환자를 대상으로 한 연구, 무릎관절 전치환술 환자에게 운동 프로그램을 적용한 연구, 무릎관절 전치환술 환자의 통증과 균형 평가가 제시된 연구, 통계적으로 평균과 표준편차가 제시된 연구 및 무작위 배정과 사전-사후 설계 방식의 연구로 정하였다. 문헌 검색은 국내 전자데이터 베이스 한국학술정보원 (KISS), 누리미디어 (DBPIA) 및 한국교육학술정보 (RISS)에서 2015년 1월 1일부터 2021년 2월 28일까지 발행한 연구들을 대상으로 검색하였다.

2. Procedures

본 연구의 문헌 선정의 전 과정은 PRIMA의 체계적 문헌 고찰 흐름도에 따라 수행하였다[21]. 검색 주제는 ‘무릎관절 전치환술’, ‘슬관절 전치환술’, ‘무릎관절 전치환술 AND 운동’, ‘슬관절 전치환술 AND 운동’ 등의 검색어를 혼합하

여 검색하였다. 총 404편이 검색되어 1차로 중복된 연구 199편을 제외하였고, 2차로 연구 제목과 초록을 검토한 후 54편을 제외하였다. 또한 135편의 연구 중 본 연구와 관련되지 않은 연구 62편, 본 연구의 종속변수인 통증 및 균형과 관련되지 않은 연구 35편, 본 연구의 연구 설계와 다른 연구 24편, 무작위 연구가 아닌 4편을 제외하고 10편을 메타분석에 포함될 연구로 최종 선정하였다<그림 1>.

본 연구에 최종 선정된 문헌 특성에 관한 코딩표를 작성하고, 엑셀 프로그램을 사용하여 출판연도, 저자, 문헌 제목, 연구 대상자 수, 종속변수인 통증(visual analogue scale, VAS)과 균형(timed up and go test, TUG)에 관한 수치를 코딩하였다.

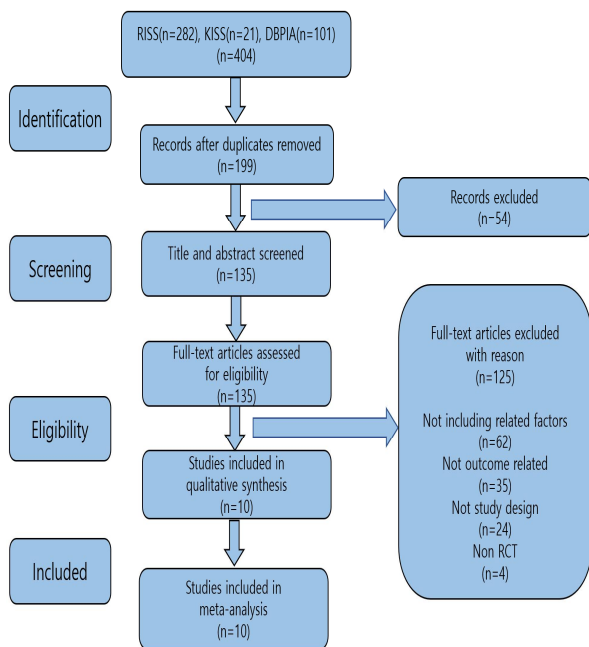


Fig. 1. PRISMA flow diagram

3. Risk of bias in individual studies

문헌에 대한 질 평가를 위해 무작위 연구에 사용되는 RoB 2.0 도구를 활용하였다. RoB 2.0 도구에 무작위로 인한 편의, 누락된 결과 데이터로 인한 편의, 결과추정에 대한 편의, 보고된 결과 선택 편의 등 5가지 항목에 대해 평가한다[19]. 첫 번째 항목은 무작위 배정 과정에서 생기는 비뚤림, 두 번째는 의도한 중재에서 이탈로 인한 비뚤림, 세 번째는 중재 결과 자료의 결측으로 인한 비뚤림, 네 번째는 중재 결과 측정의 비뚤림, 다섯 번째는 해당 연구가 미리 결정된 계획에 따라 자료의 은폐가 풀리기 전에 분석되었는지 여부를 판단하는 항목으로 구성되어 있다. 질 평가항목에 대해 높음(high), 일부 우려(some concern), 낮음(low)으로 평가하였다.

4. Heterogeneity of studies

동질성 및 이질성을 평가하기 위해 가장 보편적으로 사용하는 시각적 방법으로, 개별 연구들에서의 효과크기의 신뢰구간과 효과크기를 나열하여 겹치는 정도에 따라서 동질성 및 이질성을 파악할 수 있다[21]. 만약에 이질성이 있다면 이질성을 수치화한 통계량을 통해 추가적인 검토가 필요하다. 본 연구에서도 시각적인 방법으로 검토하여 이질성이 나타나 Q 통계치와 문헌의 수에 영향을 받지 않는 I² 통계량으로 동질성 및 이질성을 통계적으로 검증하였다. I² 값이 0-40% 통계적 이질성이 중요하지 않고, 30-60%는 중간 정도의 통계적 이질성, 50-100%는 상당한 통계적 이질성이 있다[22].

5. Publication bias in studies

본 연구의 포함된 연구 결과의 타당성을 검증하기 위해 시각적인 방법은 깔때기 그림을 활용하여 깔때기 그림이 비대칭인지를 파악하여 출간 편의 분석을 실시하였다.

6. Statistical analysis

표준화된 효과크기를 나타내는 Hedge's g를 산출하였고, 95% 신뢰구간도 구하였다. 효과크기의 해석은 Cohen[23]이 제시한 0.2는 작은 효과크기, 0.2-0.8은 중간 효과크기, 0.8 이상은 큰 효과크기를 적용하였다. 효과크기를 비교하기 위해 R program 3.4.3 version을 이용하였다.

III. Results

1. General characteristics of subjects

본 연구의 메타분석에 포함된 연구들의 일반적 특성을 살펴보면, 2015년~2021년 2월까지 발행된 연구들이었고, 학회지 논문 4편 학위논문 6편이었다. 총 10편 중 종속변수인 통증(VAS)에 관한 연구는 4편, 균형(TUG)에 관한 연구는 8편이었다. 연구에 포함된 실험군과 대조군의 대상자 수는 261명과 평균 연령은 68.08세이었다<Appendix 1>.

2. Risk of bias in results

본 연구의 포함된 개별 연구들 10편에 대한 질 평가 결과는 녹색으로 나타난 3편은 편견 위험이 낮은 것으로 나타났고 노란색으로 나타난 7편은 편견 위험에 일부 우려가 있다고 나타났다<그림 2>.

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Song et al 2020	+	-	+	+	+	-
Kim et al 2018	-	+	+	+	+	-
No 2016	+	+	+	+	+	+
Ryo 2017	-	+	+	+	+	-
Yun 2016	-	+	+	+	+	+
Lee 2017	-	+	+	+	+	-
Lee 2016	+	+	+	+	+	+
Lee et al 2018	-	-	+	+	+	-
Min & Lee 2019	-	+	+	+	+	-
Lee 2018	-	+	+	+	+	-

Domains:
 D1: Bias arising from the randomization process.
 D2: Bias due to deviations from intended intervention.
 D3: Bias due to missing outcome data.
 D4: Bias in measurement of the outcome.
 D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
 - Some concerns
 + Low

Fig. 2. Study of risk of bias

3. Results of individual studies and synthesis of results

운동 프로그램이 무릎관절 전치환술을 받은 환자에게 미치는 전체 효과크기는 $g=0.87$ (95% confidence interval: 0.40-1.34)로 큰 효과크기를 나타내며, 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 전체 효과크기의 동질성 검정 결과, 이질성은 Q값이 34.93이며, 같은 모집단의 효과에 기초한 기대 분산 값 df는 11이며, 실제 분산의 비율을 나타내는 I^2 값은 71%로 이질성이 있는 것으로 나타났다<표 1>.

운동 프로그램에 대한 효과크기는 기능적 운동 프로그램[24] $g=3.31$ 로 가장 큰 효과크기로 나타났고, 슬링 운동 프로그램[12] $g=1.47$, 장애물 보행 운동 프로그램[13] $g=1.12$, 체간 안정화 운동 프로그램[25] $g=1.09$, 균형 운동 프로그램[26] $g=0.91$ 로 큰 효과크기를 나타냈다. 나머지 운동 프로그램의 효과크기는 아래와 같다<그림 3>.

Table 1. Overall effect size results

K	ES(g)	95% CI		Q (df)	I^2
		LL	UL		
10	0.87	0.40	1.34	34.93 (11)	71

K:number of studies, ES:effect size, 95% CI: 95% confidence interval, Q, I^2 : heterogeneity of effect size, df:expected variance

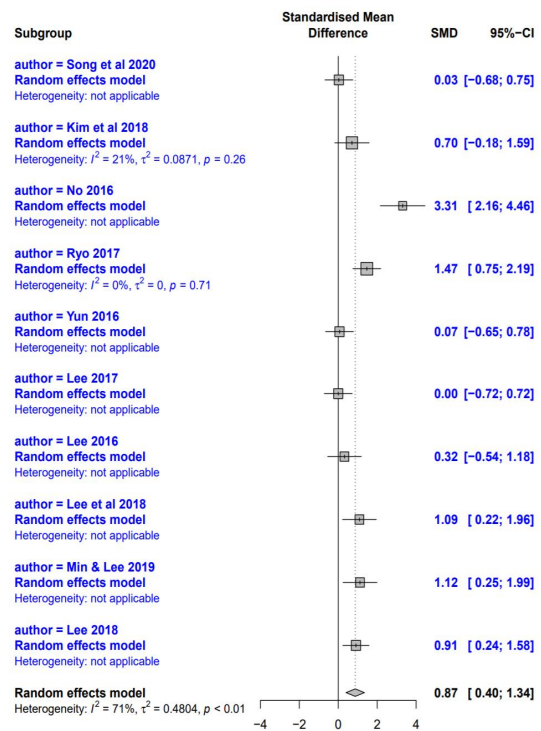


Fig. 3. Effect size of individual studies

4. Effect size results on pain and balance

운동 프로그램이 무릎관절 전치환술 환자에게 미치는 통증에 대해 분석한 결과, 통증과 관련된 연구는 4편이며, 효과크기는 $g=0.62$ 로 중간 이상의 효과가 있다고 나타났다<그림 4>.

또한 운동 프로그램이 무릎관절 전치환술을 받은 환자에게 미치는 균형에 대해 분석한 결과, 균형과 관련된 연구는 8편이며, 효과크기는 $g=1.00$ 으로 큰 효과가 있다고 나타났다<그림 5>.

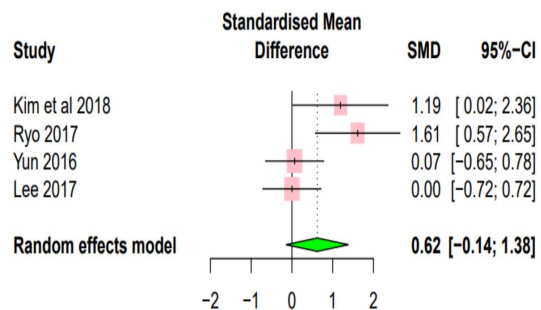


Fig. 4. Forest plots for pain effect size

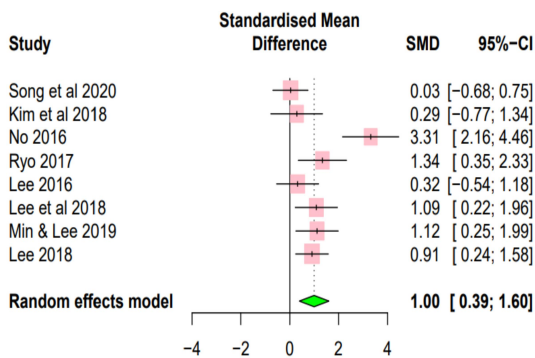


Fig. 5. Forest plots for balance effect size

5. Results of publication bias

출간 편이가 없는 경우에는 효과크기를 가운데에 두고 대칭을 이루게 나타나며, 출간 편이가 있는 경우에는 샘플 수가 많은 연구들에 비하여 대부분의 샘플 수가 적은 연구들은 그래프의 오른쪽 아래에 모여있는 것으로 나타난다. 본 연구의 출간 편이 분석 결과는 종합된 효과크기를 가운데에 두고 양쪽이 대부분 대칭으로 나타나 출간 편이가 없는 것으로 판단할 수 있다<그림 6>.

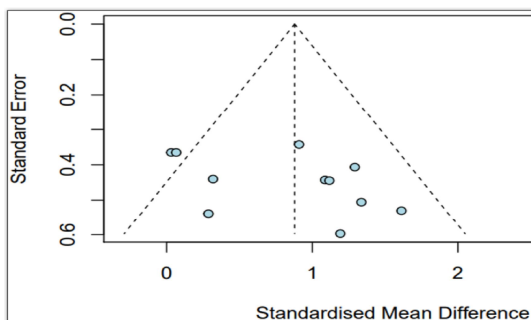


Fig. 6. Funnel plot of publication bias

IV. Discussion

퇴행성 무릎관절염 환자에게 있어서 무릎관절 전치환술은 무릎 통증을 감소시키고 무릎 변형을 방지하여 신체기능을 개선 시키는 효과적인 수술 방법이다[27]. 무릎관절 전치환술 환자는 수술 후 3일 안에 보행을 할 수 있으므로 무릎관절의 기능회복과 저하된 운동능력을 회복시키기 위해 최대한 빠르게 운동 프로그램을 시행하는 것이 중요하다[28]. 메타분석은 특정 중재 방법과 관련하여 출간된 연구에 대해 연구 결과를 합성하고자 하는 통계적인 기법이다[29]. 무릎관절 전치환술 환자에게 운동 프로그램이 어떠한 영향을 주는가에 대한 개별 연구들의 독립성을 가정하면서 다른 연구 집단에도 일반화하여 전체 효과크기를 산출하였다. 이러한

운동 프로그램들의 관련성을 고려하여 통증에 관한 VAS 척도, 균형에 관한 TUG를 종속변수로 구별하여 중재 방법의 효과를 비교 분석하여 논의하고자 한다.

무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 운동 프로그램을 적용한 연구들을 분석한 결과, 전체 효과크기는 $g=0.87$ 로 나타났고, 통계적으로 유의한 차이가 있다고 나타났다 ($p<0.05$). 이러한 결과는 운동 프로그램이 무릎관절 전치환술 환자에게 긍정적인 영향을 미치는 것을 나타낸다. 또한 개별 연구들의 효과크기는 무릎관절 전치환술 환자의 기능적 운동 프로그램이 가장 큰 효과크기로 나타났고, 슬링 운동 프로그램, 장애물 보행 운동 프로그램, 체간 안정화 운동 프로그램 및 동적 균형 운동 프로그램 등이 cohen이 제시한 해석에 의하면 큰 효과크기로 나타났다.

무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 운동 프로그램이 통증에 미치는 효과크기는 $g=0.62$ 으로 나타났고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 이는 cohen이 제시한 기준에 의하면 중간 효과크기로 나타났다. 이는 무릎관절 전치환술 환자에게 시행한 운동 프로그램이 수술 후 환자의 다리 근육의 위축을 예방하여 운동 전 보다 운동 후에 통증 감소에 영향을 준 것으로 보인다. 민혜숙 등(2011) 연구에서도 무릎관절 전치환술을 받은 여성 노인 환자에게 근력 강화 운동 프로그램이 하지 근육의 위축을 막아 통증이 감소 되었다고 하여 본 연구를 지지해 주었다[30].

무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 운동 프로그램이 균형에 미치는 효과크기는 $g=1.00$ 으로 나타났고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 이는 cohen이 제시한 기준에 의하면 큰 효과크기로 나타났다. 이는 운동 프로그램이 능동적으로 이루어지는 운동이며, 이러한 능동적 운동이 무릎관절 전치환술 후 환자의 코어 근육 및 무릎관절을 안정화에 영향을 주어 균형 능력을 개선 시킨 것으로 보인다. 이에 대한 선행연구는 퇴행성 관절염으로 진단을 받고 무릎관절 전치환술 받은 환자에게 장애물 보행 운동 프로그램을 시행한 실험군이 보행 운동을 실시한 대조군보다 균형 능력이 유의하게 향상되었다고 하였다[13]. 이는 장애물 보행 운동 프로그램이 몸통 근육이나 무릎관절의 기능적 안정화에 긍정적인 영향을 주어 균형 능력이 향상되었다고 본 연구를 뒷받침해주었다.

본 연구는 무릎관절 전치환술을 받은 환자에게 운동 프로그램을 시행한 논문을 대상으로 처음으로 시도된 메타분석 연구라는 점에서 학문적 의의가 크다고 할 수 있다. 또한 본 연구가 운동 프로그램을 택하여 무릎관절 전치환술 환자에게 미치는 영향을 메타분석으로 수행하여 그 결과를 도출했다는 점에서 임상적 의미가 있다고 할 수 있다.

이처럼 본 연구는 추후 무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 연구 설계 시 표준 가이드 라인을 제공하고, 연구자들이 범할 오류를 방지하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 그러나 본 연구의 제한점으로는 무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 운동 프로그램의 효과를 분석한 무작위 배정 임상시험 연구 수가 적어서 모든 연구에 일반화하기에는 한계가 있으며, 개별 연구들의 효과크기의 동질성과 이질성 검증과 효과크기에 대한 확실적인 메타분석 결과를 얻기에는 한계가 있었다. 이에 향후 연구에서는 무릎관절 전치환술 환자를 위한 다양한 운동 프로그램을 계속적으로 개발하고 적용하여야 할 것이며, 비 무작위 연구들까지도 포함한 메타분석 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. Conclusions

본 연구는 무릎관절 전치환술 환자에게 실시한 운동 프로그램에 대한 효과크기를 확인하고 임상에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 2015년 1월부터 2020년 2월까지 국내에서 발행된 문헌을 가지고 체계적 문헌고찰을 거쳐 총 10편을 최종 분석 논문으로 선정하였다. 선정된 문헌에 대해 메타분석을 시행하여 효과크기 결과는 cohen이 제시한 기준에 의하면 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 연구에 포함된 문헌의 이질성은 높았지만 출간 오류는 없는 것으로 나타났다. 본 연구를 바탕으로 무릎관절 전치환술 환자의 운동 프로그램 적용을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] R. A. Cohen, M. E. Martinez, and E. P. Zammiti, E. P. Health insurance coverage: early release of estimates from the National Health Interview Survey, 2016
- [2] Kim HS, "The effect of therapeutic taping on knee extension exercise and during stair walking in patients with knee osteoarthritis", Unpublish master's thesis, Dankook University, 2002.
- [3] Park SY, "The effect of cool therapy before passive joint exercise on pain elderly patients with total knee arthroplasty", Unpublish master's thesis, Busan Catholic University, 2011.
- [4] E. L. Sims, J. M. Carland, F. J. Keefe, V. B. Kraus, F. Guilak, and D. Schmitt, "Sex differences in biomechanics associated with knee osteoarthritis", *Journal of women & aging*, Vol. 21, No. 3, pp. 159-170, Jul. 2009. DOI: 10.1080/08952840903054856
- [5] Choi CH, Cho WS, Jung HJ, Kim HC, and Choi NH, "Pain in patients evaluated in outpatient orthopaedic clinics", *Korea Knee Society*, Vol. 20, No. 1, pp. 83-91, Jun. 2008.
- [6] Cho WS, Ann HS, Kim MY, Seol WS, Lee SY and Choi JW, "Pain after total knee arthroplasty", *Journal of The Korean Orthopaedic Association*, Vol. 41, No. 1, pp. 129-133, Feb. 2006.
- [7] Kim OH, "The effect cool therapy on pain and range of motion after total knee arthroplasty in elderly patients with osteoarthritis", Unpublish master's thesis, Chung-ang University, 2007.
- [8] Creamer, P. (2000). "Lethbridge-Cejku M, Hochberg MC. Factors associated with functional impairment in symptomatic knee osteoarthritis", *Rheumatology*, Vol. 39, No. 5, pp. 490-496, May. 2000. DOI: 10.1093/rheumatology/39.5.490
- [9] F. Christanell, C. Hoser, R. Huber, C. Fink, and H. Luomajoki, "The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial.", *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-10. Nov. 2012. DOI: 10.1186/1758-2555-4-41
- [10] Song HS, Lee JN, and Han HJ, "The effect of otago exercise program on balance, walking and falls efficacy in patients with total knee replacement", *The Journal of Korean Orthopedic Manual Physical Therapy*, Vol. 26, No. 1, pp. 1-8, Dec. 2020.
- [11] Kim CH, Kang TW, and Kim BR, "The Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercise on the Range of Motion, Pain, and Functional Activity of Total Knee Arthroplasty Patients", *PNF & Movement*, Vol. 16, No. 1, pp. 75-83, Api. 2018. DOI: 10.21598/JKPNFA.2018.16.1.75
- [12] Ryu JJ, "The effect of sling exercise on the range of motion, pain, balance and walking ability after total knee arthroplasty", Unpublish master's thesis, Namseoul University, 2017.
- [13] Min DK, and Lee SJ, "The effect of obstacle gait training on balance and fall efficacy in total knee arthroplasty patients, *The Journal of Korean Orthopedic Manual Physical Therapy*, Vol. 25, No. 1, pp. 37-44, Dec. 2019.
- [14] Lee SJ, "Effects of blood flow restriction exercise on muscle function in patients with total knee arthroplasty", Unpublish master's thesis, Seoul University, 2016.
- [15] Kim KT, Lee S, Park HS, Cho KH, and Kim KS, "Unicompartmental versus total knee arthroplasty in the same patient", *Journal of The Korean Orthopaedic Association*, Vol. 43, No. 4, pp. 451-457, Aug. 2008.
- [16] Kim YJ, Yoon MN, and Han SS, "Effects of Thera-Band Resistance Training Including Isometric Exercise in Total Knee Replacement Patients", *Korean Society for Health Promotion and Disease Prevention*, Vol. 11, No. 2, pp. 82-90, Dec. 2011.
- [17] A. Rubin, and J. Bellamy, "Practitioner's guide to using research for evidence-based practice", John Wiley & Sons. 2012.
- [18] Hwang SD, "Meta-analysis using R", Hakjisa. 2020.

- [19] N. Denson, and M. H. Seltzer, "Meta-analysis in higher education: An illustrative example using hierarchical linear modeling". *Research in Higher Education*, Vol. 52, No. 3, pp. 215-244. Mar. 2011. DOI: 10.1007/a11162-010-9166-x
- [20] D. A. Feldstein, "Clinician's guide to systematic reviews and meta-analyses", *WMJ: official publication of the State Medical Society of Wisconsin*, Vol. 104, No. 3, pp. 25-29, Apr. 2005.
- [21] Shim SR, "Meta-analysis using R", Hannalae. 2020.
- [22] Kim DH, Jang EJ, and Hwang JS, "Meta-analysis using R and winbugs", Jayu Academy. 2016.
- [23] J. Cohen, "Statistical power analysis for the behavioral sciences", NJ: Erlbaum. 1988.
- [24] No EK, "The study of functional training in static and dynamic balance after total knee arthroplasty in elderly patients", Unpublish master's thesis, Eulji University, 2016.
- [25] Lee JH, Min DK, and Lee SJ, "The effects of trunk stability exercise on knee function, balance, gait in patients after total knee arthroplasty", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 19, No. 2, pp. 422-428, Feb. 2018. DOI: 10.5762/KAIS.2018.19.2.422
- [26] Lee HG, "The effect of dynamic balance training on physical function, balance ability and quality of life for patients with total knee replacement athroplasty", Unpublish master's thesis, Sahmyook University, 2019.
- [27] Jung MS, and Kwak HS, "Effects of a Muscle Strengthening Exercise Program after Total Knee Arthroplasty", *The Korean Academic Society Of Nursing Education*, Vol. 14, No. 1, pp. 20-29, Jun. 2008.
- [28] A. E. Rahmann, S. G. Brauer, and J. C. Nitz, "A specific inpatient aquatic physiotherapy program improves strength after total hip or knee replacement surgery: a randomized controlled trial". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 90, No. 5, pp. 745-755. May. 2009. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.12.011
- [29] Lee JY, "Review Articles: Meta-analysis". *J Kor Endocr Soc*, Vol. 23, pp. 361-78. Jun. 2008.
- [30] Min HS, Jung YH, Kim ES, Kim SH, and Choi YJ, "Effects of Muscle Strengthening Exercise Program on Pain, Fatigue, Physical Function in Elderly Women with Total Knee Arthroplasty", *Journal of Muscle and Joint Health*, Vol. 18, No. 2, pp. 203-214, Nov. 2011. DOI: 10.5953/JMJH.2011.18.2.203
- [31] Yun JS, "The effect of quadriceps isometric exercise method on pain, muscle strength and balance of early phase of total knee arthroplasty patients", Unpublish master's thesis, Daegu University, 2019.
- [32] Lee SJ, "The effects of early exercise therapeutic program with hip joint exercise on muscle strength, balance and gait in early patients after total knee arthroplasty", Unpublish master's thesis, Daegu University, 2017.

Appendix 1. Characteristics of primary studies included in the analysis.

No	Author (year)	Group		Exercise program				Outcome	
		Ex	Con	Type	Duration (week)	Session (count)	Length (min)	Pain	Balance
1	Song et al (2020)[10]	15	15	Otago exercise	4	40	40		TUG
2	Kim et al (2018)[11]	7	7	PNF exercise	2	10	30	VAS	TUG
3	No (2016)[24]	15	15	Functional exercise	2	6	50		TUG
4	Ryu (2015)[12]	10	10	Sling exercise	4	12	30	VAS	TUG
5	Yun (2017)[31]	15	15	Quadriceps isometric exercise	5	30	30	VAS	
6	Lee (2017)[32]	15	15	Hip joint exercise	6	18	40	VAS	
7	Lee (2016)[14]	11	10	Blood flow restriction exercise	2	12	30		TUG
8	Lee (2018)[25]	12	12	Trunk stability exercise	4	24	5		TUG
9	Min & Lee (2019)[13]	12	12	Obstacles gait exercise	4	12	30		TUG
10	Lee (2018)[26]	19	19	Dynamic balance exercise	6	30	20		TUG

VAS : visual analog scale, TUG : timed up and go test

Authors



Se-Ju Park received the M.S. and Ph.D. degrees in the department of Physical therapy from the Nambu University, Korea, in 2018, and 2021. He is interested in meta-analysis, Health Promotion and Physical Therapy.