

Anti-Gravity Treadmill Program을 적용한 가속재활의 효과 : 반월상연골 봉합술 환자의 슬관절 등속성 근기능 및 기능점수와 관절의 가동범위, 통증지수

조한수, 오두환, 이진욱, 장석암, 이장규*
단국대학교 대학원 운동의과학과

Effect of Accelerated Rehabilitation with Anti-Gravity Treadmill Program : Isokinetic Myofunction and Functional Score of Knee Joint, ROM, and VAS Score in Meniscus Repair Patients

Han-Su Cho, Du-Hwan Oh, Jin-Wook Lee, Seok-Am Zang, Jang-Kyu Lee*

Dept. of Kinesiology & Medical Science, Graduate School, Dankook University

요약 본 연구의 목적은 16주간의 anti-gravity treadmill program을 적용한 가속재활운동이 반월상연골 봉합술 환자의 슬관절의 등속성 근기능 및 기능점수와 관절가동범위, 통증지수에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고자 실시되었다. 연구대상자는 슬관절의 반월상연골 파열 진단을 받고 봉합술을 시행한 10명을 대상으로 하였다. 이 연구의 결과에서, 슬관절 등속성 신근력과 굴근력은 16주간의 anti-gravity treadmill program을 적용한 가속재활운동 후, 60°/sec와 180°/sec에서 모두 유의하게 증가하였으며($p<.001$, $p<.01$), 등속성 근결손율은 60°/sec에서는 신근력과 굴근력, 180°/sec에서는 신근력이 유의하게 감소한 결과를 나타내었다($p<.01$, $p<.05$). 슬관절 기능점수 또한 가속재활운동 후, 유의하게 증가하였으며($p<.001$), 슬관절 가동범위도 가속재활운동 후, 신전의 경우 유의하게 감소하였고($p<.05$), 굴곡에서는 유의하게 증가를 나타내었다($p<.01$). 시각적상상 척도(VAS)를 이용한 주관적 통증지수의 변화는 가속재활운동 후, 유의하게 감소한 결과를 나타내었다($p<.001$). 이상의 결과에서, 16주간의 anti-gravity treadmill program을 적용한 가속재활운동은 슬관절의 반월상연골 봉합술 환자의 슬관절 등속성 근기능 및 기능점수와 관절가동범위, 통증지수에 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각되며 이러한 재활방법은 기존의 전통적 재활방법과 비교하여 보다 안전하고 과학적인 방법으로 빠른 스포츠 현장 및 일상생활로 복귀할 수 있는 가능성이 있는 것으로 사료된다.

Abstract This study was conducted to investigate the effects of participation in the accelerated rehabilitation with an anti-gravity treadmill program for 16 weeks on isokinetic myofunction and functional score of knee joint, ROM, and VAS score in meniscus repair patients. A total of 10 male adult patients who underwent meniscus repair by the same doctor were investigated in this study. Both extension and flexion peak torque at 60°/sec and 180°/sec significantly increased ($p<0.001$, $p<0.01$), while under muscle deficit, extension and flexion peak torque at 60°/sec and extension peak torque at 180°/sec significantly decreased ($p<0.01$, $p<0.05$). ROM in extension significantly decreased ($p<0.05$), whereas ROM in flexion significantly increased ($p<0.01$) in response to the program. VAS score significantly decreased ($p<0.001$) and lysholm scores significantly increased after completion of the program ($p<0.001$). These results suggest that 16 weeks of the anti-gravity treadmill accelerated rehabilitation program improves isokinetic muscle strength and functional score of knee joint, ROM, and VAS score in meniscus repair patients. Therefore, the anti-gravity treadmill accelerated rehabilitation program, which is a more scientific and effective method than conventional rehabilitation, leads to faster recovery of paly ground and normal daily activities.

Keywords : Accelerated rehabilitaion, Anti-gravity treadmill, Isokinetic muscle strength, Lysholm score, Meniscus repair, ROM, VAS score

*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee(Dankook University)

Tel: +82-41-550-3816 e-mail: kyu1216@hanmail.net

Received July 6, 2016

Accepted August 11, 2016

Revised (1st July 25, 2016, 2nd July 27, 2016, 3rd August 1, 2016, 4th August 5, 2016)

Published August 31, 2016

1. 서론

반월상연골은 경골과 대퇴골의 관절면 사이에 위치하여 접촉면을 부드럽게 하고 윤활작용을 통하여 관절의 마모를 방지하며 관절 중심부의 압박력을 변연부로 전달함으로써 관절면 하중의 전달과 충격을 흡수하여 관절의 이탈방지과 일치성을 유지하는 기능을 수행하는 매우 중요한 구조물이다[1].

Hede 등[2]과 Verdonk 등[3]의 연구에서 연간 10,000명당 9명, 총 백만명 이상의 반월상연골 환자가 발생한다고 보고하였으며 국내에서도 전방십자인대(61.1%) 다음으로 반월상연골 파열(47.3%)이 가장 많은 것으로 보고되었[4].

반월상연골 손상 후의 수술적 치료는 절제술과 봉합술로 구분할 수 있으며 전통적으로는 봉합술보다는 절제술이 더 많이 시행되어져 왔지만 절제술 후 관절연골의 변성과 퇴행성관절염 등의 문제점들이 보고되고[5], 관절경의 발달과 반월상연골 변연부로 부터의 혈액공급에 대한 해부학적 기전이 밝혀짐에 따라 봉합술이 점차 증가하는 추세에 있다[6].

반월상연골 봉합술 후, 재활치료는 주로 환측 관절을 고정하고 6주간 체중부하를 제한하는 전통적인 재활프로그램을 선호하고 있으며[7] 이는 봉합의 실패와 인체 생리학적·역학적 특성에 대한 정보부족이 그 원인으로 알려져 있다[8].

그러나 Morgan 등[8]과 Brotzman 등[9]의 연구에서는 봉합술 후, 초기의 적절한 체중부하 운동은 반월상연골의 파열 전위 정도와 위축예방에 긍정적 효과가 있다고 보고하여 조기재활운동의 중요성을 강조하였으며 Shelbourne[10] 등의 연구에서도 비슷한 결과를 보고하였다. 국내의 연구에서도 반월상연골 봉합술 후, 조기재활집단에서 근력의 빠른 회복과 후유증 최소화에 긍정적 효과가 있음을 보고하였으며 김명기 등[11], 이중철[12]의 연구에서도 조기재활프로그램의 적용이 엘리트선수들의 슬관절 신근력 및 굴근력의 회복에 있어서 매우 긍정적인 결과를 가져왔다고 보고하였다. 이러한 선행연구 결과에 의해서 대두된 조기 체중부하 운동의 대표적 방법으로 물의 부력을 이용한 수중 운동과 벨트의 장력을 이용한 벨트트레드밀(harness-treadmill) 등이 있으며 최근 들어 소개된 anti-gravity treadmill은 이러한 방법들의 단점들을 보완하여 보다 안전하고 과학적인 방법으로

효과를 가져 올수 있게 하였다.

2008년 FDA 승인을 받은 anti-gravity treadmill은 특수공기압 조절시스템을 이용하여 사용자의 체중을 1% 단위로 정밀 조절하여 최대 80%까지 감소시켜 보행 시 하지에 가해지는 지면반력을 저하시킴으로써 하지 손상 및 수술적 치료를 받은 환자의 기능적, 신경학적 회복에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[13,14]. 또한 노인과 보호대를 착용한 환자, 수술 후의 재활환자, 고도 비만자, 스포츠 선수재활 등의 각 분야에서 적극 활용이 되고 있는 실정이다.

Mikami 등[15]의 연구에서 하지 보철을 사용하는 하지 절단 환자에게 6주간의 anti-gravity treadmill program을 적용한 결과, 보행패턴이나 근력 및 안정성에 있어서 긍정적인 효과가 검증되었으며, Moore 등[14]의 연구에서는 요추 추간판탈출증 환자의 회복속도가 빨라졌다고 보고하였다.

이상의 선행연구 결과에서 보듯이 AlterG[16]의 anti-gravity treadmill program을 적용한 최초의 반월상연골 봉합술 환자의 재활 프로토콜을 소개한 후, 추가적 검증을 위한 연구가 시도되지 않아 anti-gravity treadmill program을 적용한 조기재활에 대한 연구는 국내·외적으로 거의 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 반월상연골 손상 후, 봉합술을 시행한 환자들을 대상으로 anti-gravity treadmill program을 적용한 16주간의 조기 재활운동이 슬관절의 등속성 근기능 및 기능점수와 관절 가동범위, 통증지수의 변화에 미치는 영향을 구명하고, 이 결과를 반월상연골 봉합술 환자들을 위한 재활프로그램 작성의 기초 자료로 제공하는데 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 서울시 S병원에 내원한 환자중, 슬관절의 반월상연골 파열 진단을 받고 봉합술을 시행한 남성 10명을 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 봉합술 후, 16주간 anti-gravity treadmill program을 적용한 가속재활운동을 실시하였으며 연구 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The characteristics of subjects

	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)
N=10	28.70±1.85	171.20±1.22	70.70±2.15

Means ± SEM

2.2 재활프로그램

반월상연골 봉합술 후의 재활프로그램은 Lind 등[17]의 연구에서 사용한 프로그램을 수정 보완하였으며 <Table 2>, <Table 3>, <Table 4>, anti-gravity treadmill program은 AlterG[20]에서 제시한 프로그램을 수정 보완하여 실시하였다<Table 5>.

Table 2. Accelerated Rehabilitation Program Phase 1 (0~6 weeks)

time	program
1~7 days	-Brace locked at 0 degrees -ROM (passive 0-60) -Patellar mobilization -Avoid active knee flexion
	Exercises : -Ankle pump -Quad sets -SLR(3 planes) -Ball squeeze
	Weight bearing : -Non weight bearing
	Anti-gravity treadmill program
2~6 weeks	Gradually increase PROM : -Week 2: 0-90 degrees -Week 3: 0-110 degrees -Week 4: 0-120 degrees -Week 6: 0-135 degrees
	Exercises : -Quad sets -Ball squeeze -SLR (4 planes) -Multi-angle quad isometrics -Knee extension 90-0 degrees -Proprioception
	Weight Bearing : -Week 2~4: toe touch with crutches -Week 4~6: 25-50% WB with crutches
	Anti-gravity treadmill program

ROM; Range of Motion, SLR; Straight Leg Raise, PROM; Passive Range of Motion, WB; Weight Bearing.

Table 3. Accelerated Rehabilitation Program Phase 2 (7~9 weeks)

program
-Discontinue brace at weeks 6 for peripheral tears -week 8 for complex tears -Continue ROM and stretching : 0-135 degrees
Exercises : -Initiate isometric hamstring curls(pain free) -Multi hip -Leg press -Knee extension -Wall squats -VMO squats -Front & Lateral step-ups -Calf raises -Balance/Proprioception ex.
Anti-gravity treadmill program

VMO; Vastus Medialis Oblique.

Table 4. Accelerated Rehabilitation Program Phase 3 (10~16 weeks)

time	program
10~12 weeks	-Initiate light hamstring curls(isotonic) -Initiate side lunges -Progress balance training
	Anti-gravity treadmill program
13~16 weeks	-Progress to isotonic strengthening -Deep squatting permitted at 16 weeks -Initiate straight line running: at 16 weeks -Initiate pivoting and cutting: After 5 months -Initiate agility training: After 5 months -Gradually return to sports: After 6 months
	Anti-gravity treadmill program

Table 5. Anti-gravity treadmill program

	Body Weight (%)	Speed (MPH)	Time (minutes)
1~10 days	25	2.0	5
2~4 weeks	50	2.0~3.0	15
5~7 weeks	50~60	3.0~4.5	20
8~9 weeks	60~70	4.0~5.0	15
10~12 weeks	70~90	5.0~7.0	10~20
13~16 weeks	90~100	7.0~12.0	20~30

2.3 측정방법

2.3.1 등속성 근기능(Isokinetic myofunction)

등속성 근력 측정장비 HUMAC NORM(CSMi, USA)을 이용하여 근력은 각속도 60°/sec에서 4회, 근지구력은 각속도 180°/sec에서 15회 측정 하였다.

2.3.2 관절의 가동범위(ROM)

슬관절 굴곡의 관절가동범위 측정은 고니오미터(Kineman Enterprises, USA)를 사용하여 측정하였다. 복와위(prone position)에서 대퇴골의 외상과(lateral epicondyle)를 축으로 대퇴골의 대전자(femur greater trochanter)와 이어지는 선을 고정각으로, 비골의 외복사뼈(lateral malleolus)와 이어지는 선을 운동각으로 설정하여 통증이 없는 수동적 굴곡각(passive range of motion)을 측정 하였다.

2.3.3 통증지수(Visual Analogue Scale, VAS)

피험자의 통증의 정도를 측정하기 위해 시각적 사상척도를 사용하였으며 0~4mm는 통증이 없는 상태, 5~44mm는 약간의 통증, 45~74mm는 보통의 통증, 그리고 75~100mm는 심한 통증으로 구분하고 피험자에게 선에 표시하게 하였다.

2.3.4 기능점수(Lysholm score)

슬관절 기능 점수는 슬관절의 기능을 정량적으로 분석하는 Lysholm Score[18]를 이용하여 측정하였다.

2.4 자료분석

이 연구의 자료처리는 SPSS 22.0 프로그램을 이용하였으며, 수집된 모든 데이터에 대하여 평균과 표준오차를 산출 하였다. 프로그램 적용 후의 유의차를 검증하기 위하여 대응표본 T-검정을 실시하였으며, 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

3. 결과

3.1 등속성 근기능의 변화

16주간의 가속재활운동 실시 후, 슬관절의 등속성 근력과 근지구력의 변화는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 60°/sec에서 슬관절의 신근력과 굴근력 모두 재활운동

후, 유의하게 증가하였으며($p=.000$), 180°/sec에서도 재활운동 후, 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p=.000$, $p=.003$). 또한 건측에 대한 환측의 근결손을 변화는 <Table 7>에서 보는 바와 같이, 60°/sec에서 신근력과 굴근력 모두 유의하게 감소한 결과를 나타내었으며($p<.002$, $p=.031$), 180°/sec에서는 신근력의 결손율은 유의하게 감소하였으나($p=.004$), 굴근력에서는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의수준에는 도달하지 못하였다($p=.186$).

Table 6. Isokinetic myofunction

		Pre	Post
60°/sec	Extension	80.50±12.09	182.70±8.58***
	Flexion	39.60±8.62	96.10±4.99***
180°/sec	Extension	62.20±8.30	102.40±5.49***
	Flexion	34.10±6.29	57.20±5.08**

Means ± SEM. ** $p<.01$, *** $p<.001$.

Table 7. Isokinetic peak torque deficit

		Pre	Post
60°/sec	Extension	52.10±6.21	21.00±3.50**
	Flexion	48.00±11.70	17.10±4.63*
180°/sec	Extension	38.50±6.99	17.90±3.24**
	Flexion	39.60±10.35	26.20±4.54

Means ± SEM. * $p<.05$, ** $p<.01$.

3.2 슬관절 기능점수의 변화

슬관절 기능점수의 변화는 <Table 8>에서 보는 바와 같이 16주간의 가속재활운동 실시 후, 재활운동 전보다 유의하게 증가하였다($p<.001$).

Table 8. Lysholm score

Pre	Post	p-value
48.00±4.81	90.20±2.14	.000***

Means ± SEM. *** $p<.001$.

3.3 관절의 가동범위 변화

16주간의 가속재활운동 실시 후, 관절의 가동범위 변화는 <Table 9>에서 보는 바와 같이 신전의 경우 유의하게 감소하였고($p<.05$), 굴곡에서는 유의하게 증가하였다($p<.01$).

Table 9. Range of motion

	Pre	Post	p-value
Extension	5.40±2.15	1.00±1.00	.030*
Flexion	129.20±4.96	144.20±2.92	.001**

Means ± SEM. *p<.05, **p<.01.

3.4 통증지수의 변화

시각적 사상척도를 이용한 주관적 통증수준의 변화는 <Table 10>에서 보는 바와 같이, 16주간의 가속재활운동 실시 후, 유의하게 감소한 것으로 나타났다(p<.001).

Table 10. Visual analogue scale

Pre	Post	p-value
44.80±5.26	12.40±3.76	.000***

Means ± SEM. ***p<.001.

4. 논의

반월상연골은 슬관절에 가해지는 부하를 분산하고 흡수하는 매우 중요한 기능을 갖고 있기 때문에 손상 후, 봉합술을 시행하여 반월상연골을 보존하는 것이 절제술로 인한 퇴행성 관절염을 예방하는 방법으로 알려져 있다[19].

지금까지 알려진 반월상연골 봉합술 후의 재활 방법은 크게 전통적 재활방법과 가속재활방법, 두 가지로 알려져 있으며 전통적 재활방법은 일정기간 체중부하를 제한하는 방법이고 가속재활방법은 초기에 체중부하와 관절가동운동을 제한하지 않는 방법이다[10].

Cannnon 등[7]의 연구에서는 봉합술 후, 6주간 슬관절을 고정시키고 체중부하를 금지하는 전통적 재활방법을 권장하였으며 Heckmann 등[20]과 Brent & Kevin[21]의 연구에서도 봉합부위의 파열을 예방하기 위하여 일정기간 동안 체중부하와 관절의 가동범위에 제한을 두는 것이 효과적이라고 주장하였다. 그러나 이러한 전통적 재활방법은 수술 후, 장기간 고정에 따른 임상적 합병증과 관절가동범위 제한, 근력 감소 등의 문제점들이 제기되면서[22] 최근에는 점차 기존의 전통적인 방법이나 극단적인 가속재활방법에서 벗어나 환자의 상태를 고려하여 초기에 점진적인 체중부하를 허용하는 가속재활방법을 선호하는 것으로 보고되고 있으며[23] 몇몇 선행연구

에서 이러한 가속재활의 긍정적인 효과를 보고하였다 [10,24-25].

등속성 장비를 이용한 슬관절 근력 변화의 측정은 건측에 대한 환측의 기능성을 평가할 수 있는 관절의 근기능 지표로서 많은 연구에서 활용되는 것으로 알려져 있다[26].

반월상연골 봉합술 후, 4주간 CKC(closed kinetic chain)운동과 2주간 체중부하 보행을 제한하는 전통적 재활프로그램을 적용한 김수근 등[27]과 지용석 등[28]의 연구에서 신근력과 굴근력 모두 유의하게 증가하였으며 Erggelet 등[29]의 연구에서도 봉합술 후, 6주간 슬관절을 고정하고 체중부하를 제한하는 전통적 재활방법을 적용하여 근력과 근결손을 모두 유의한 개선의 효과가 있었다고 보고하였다.

그러나 Barber[34]의 연구에서는 체중부하를 제한한 전통적 재활군과 수술 직후 관절가동운동과 체중부하를 점진적으로 진행한 가속재활군을 비교한 결과, 대퇴근력이 가속재활군에서 유의하게 높았으며 Shelbourne 등 [10]의 연구에서도 두 집단 간 근력의 통계적 유의한 차이는 없었지만 가속재활군에서 보다 증가된 결과를 보고하였고 김명기 등[11]과 Pabian & Hanney[30]의 연구에서도 신근력과 굴근력, 근결손을 등이 가속재활군에서 유의한 개선의 효과가 있음을 보고하였다.

본 연구의 결과에서도 가속재활 적용 후, 60°/sec와 180°/sec에서 신근력과 굴근력 모두 유의하게 증가하였으며 근결손율에서는 60°/sec에서 신근력과 굴근력, 180°/sec에서 신근력만이 유의하게 감소하였고 굴근력에서는 감소하는 경향만을 나타내어 여러 선행연구와 일치하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 반월상연골 봉합술 직후부터의 anti-gravity treadmill program을 적용한 점진적인 가속재활운동이 반월상연골 봉합환자의 슬관절 등속성 근기능 회복에 긍정적 효과가 있음을 나타내는 것으로 생각된다.

1982년 Lysholm[18]에 의해서 개발된 슬관절 기능점수(Lysholm score)는 일상생활 또는 운동 중에 느끼는 슬관절의 불편함 정도를 숫자로써 척도화하여 슬관절의 기능 상태를 평가하기 위해 사용되고 있다.

Erggelet 등[29]의 연구에서 반월상연골 봉합환자를 대상으로 체중부하를 제한하는 전통적 재활프로그램을 적용한 후, 슬관절 기능점수는 평균 16.3개월 이후 환자의 74%가 excellent수준의 긍정적 효과가 있음을 보고하

였으며 이외의 여러 선행연구에서도 유사한 결과를 보고하였다[12,27-28]. 또한 가속재활방법을 적용한 Keyhani 등[31]과 Javela 등[32]의 연구에서도 재활운동 후, 슬관절 기능점수가 유의하게 개선되었다고 보고하였으며 전통적 재활과 가속재활을 비교한 김명기 등[27]의 연구에서 두 집단 모두 슬관절 기능점수가 유의하게 증가하였고 특히나 가속재활군에서 전통적 재활군보다 유의하게 증가된 결과를 나타내었다. 다른 선행연구인 Shelbourne 등[10]의 연구에서 가속재활군은 10주 만에 완전하게 일상생활로 복귀하였으나 전통적 재활군은 20주 만에 완전한 일상생활로 복귀하였다고 보고하여 전반적인 환자의 기능이 가속재활군에서 더욱 빨리 회복된다고 주장하였다.

본 연구의 결과에서도 가속재활 적용 후, 슬관절 기능점수가 유의하게 향상된 것으로 나타나 선행연구와 일치하는 결과를 보였으며 이러한 결과는 anti-gravity treadmill program을 이용하여 보다 안전하고 과학적인 조기의 적극적인 체중부하운동이 근기능 개선과 근결손률 감소, 관절의 가동범위확보 등으로 인한 슬관절 안정화에 기여하여 슬관절의 기능지수를 향상 시킨 것으로 사료된다.

봉합술 후, 반월상연골은 파열부위의 치유과정에서 섬유혈관성 반흔(fibrovascular scar) 및 섬유연골(fibrocartilage) 등과 같은 여러 가지 물질들이 형성되며 이러한 과정 중, 정상적인 관절의 움직임은 섬유혈관성 반흔 조직의 동질성(uniformity) 및 교원섬유 양의 증가와 같은 인체생리학적·역학적인 도움이 되는 것으로 알려져 있다[33]. 그러나 몇몇 선행연구에서는 불안정적인 관절의 움직임이 오히려 반월상연골 후각부의 치유 등을 방해한다고 보고하였다[34]. 이전의 여러 선행연구들에서는 수술 후, 슬관절의 관절운동과 체중부하를 제한하는 것을 권장하였으며 이는 봉합부위 보호와 섬유혈관성 반흔의 성숙에 필요하기 때문인 것으로 알려져 있다[35]. 그러나 Barber[24]의 연구에서는 재활운동 과정에서 조기 관절운동을 제한한 그룹과 제한하지 않은 그룹 간의 회복속도에 차이가 없음을 보고하였으며 조기의 관절운동 및 체중부하 운동이 반월상연골의 봉합 결과에 긍정적인 효과가 있음을 보고하였다. 또한 김덕원 등[36]과 김려섭 등[37]의 연구에서 수술 직후부터의 관절운동과 부분적 체중부하가 긍정적인 효과를 보였다고 보고하였으며 동물을 대상으로 한 실험에서도 조기 관절운동은 오히려 봉합된 연골 치유에 도움이 되는 것으로 나

타나 조기의 관절운동 및 체중부하 운동이 효과가 있음을 주장하였다[38].

본 연구의 결과에서도 anti-gravity treadmill을 이용한 16주간의 가속 재활프로그램 적용 후, 관절가동범위가 유의하게 증가하여 여러 선행연구들의 결과와 일치하였으며 이러한 결과는 수술 직후 anti-gravity treadmill을 이용하여 안전하고 과학적으로 실시한 조기 체중부하와 관절가동운동이 환자들의 관절막 구축(contracture) 및 슬관절 유착(adhesion)을 예방하여 관절가동범위 회복에 긍정적 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

VAS(Visual Analogue Scale)는 통증의 정도를 평가하는 임상적 지표로서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있으며 슬관절 수술환자들의 통증 정도를 평가하기에 적절한 측정방법으로 제안되고 있다[39].

2주간 체중부하를 제한하고 14주간의 전통적 재활프로그램 적용한 지용석 등[28]의 연구에서 통증지수가 유의하게 감소하였으며 봉합 수술 직후부터 가속재활을 적용한 Keyhani 등[31]의 연구에서도 유의한 통증감소의 효과가 있는 것으로 보고되었다. 또한 Takacs 등[40]의 연구에서 6개월간 anti-gravity treadmill program을 적용한 후, 하지골절 환자의 통증지수가 유의하게 감소하였으며 Takacs 등[41]의 또 다른 연구에서도 골관절염 환자를 대상으로 1주일간 anti-gravity treadmill program을 적용하여 통증지수가 유의하게 감소하였다고 보고하였다.

본 연구의 결과에서도 16주간의 anti-gravity treadmill program을 이용한 가속재활운동 적용 후, 환자들의 통증지수가 유의하게 감소한 것으로 나타나 선행연구와 일치하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 수술 직후 anti-gravity treadmill을 이용하여 조기 체중부하를 허용하더라도 환자의 통증지수에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 의미하며, 특히나 본 연구에서 수술 직후부터 사용한 anti-gravity treadmill program은 기존의 가속재활운동에서 적용한 주관적 체중부하운동과는 달리 환자의 체중을 백분율로 계산하여 정량화된 방법을 사용하였다는 점에서 보다 안전하고 객관적이며 효과적이고 과학적인 방법으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 반월상연골 손상 후, 봉합술을 시행한 환자

들을 대상으로 anti-gravity treadmill program을 적용한 16주간의 가속재활운동이 슬관절의 등속성 근기능 및 기능점수와 관절가동범위, 통증지수의 변화에 미치는 영향을 구명하고 실시되었으며, 이 결과를 반월상연골 봉합술 환자들을 위한 재활운동프로그램 작성의 기초 자료로 제시하고자 한다.

1. 슬관절의 신근력과 굴근력은 60°/sec와 180°/sec 모두에서 유의하게 증가하였으며($p<.001$, $p<.01$), 근결손율은 60°/sec에서 신근력과 굴근력, 180°/sec에서 신근력만 유의하게 감소하였다($p<.01$, $p<.05$, $p<.01$). 그러나 180°/sec의 굴근력에서는 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.
2. 슬관절 기능점수는 재활운동 후에 유의하게 증가되었다($p<.001$).
3. 관절의 가동범위 변화에서 신전의 경우 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 굴곡에서는 유의하게 증가하였다($p<.01$).
4. 시각적 사상척도(VAS)를 이용한 주관적 통증지수는 재활운동 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p<.001$).

이상의 결과에서, anti-gravity treadmill program을 적용한 16주간의 가속재활운동은 슬관절의 등속성 근기능 및 기능점수와 관절가동범위, 통증지수에 유의한 개선의 효과가 있는 것으로 생각되며 기존의 전통적 재활방법과 비교하여 보다 빠른 시기에 안전하게 조기체중부하를 시작하여 치료의 회복과 경기장 및 일상생활로의 복귀를 보다 빠르게 하는데 효과가 있는 것으로 보인다. 다만 피험자의 숫자가 충분하지 않아 추후 계속적인 추가연구가 필요하며, 기존의 가속재활운동만을 실시한 그룹과의 비교연구도 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] B. B. Seedhom, D. Dowson, V. Wright, "Proceedings: functions of the menisci. A preliminary study", *Annals of the rheumatic diseases*, vol. 33, no. 1, p. 111, 1974. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/ard.33.1.111>
- [2] A. Hede, D. B. Jensen, P. Blyme, "Epidemiology of meniscal lesions in the knee: 1215 open operations in Copenhagen 1982-84", *Acta orthopaedica scandinavica*, vol. 61 no. 5, pp. 435-437, 1990.
- [3] R. Verdonk, P. Verdonk, W. Huysse, R. Forsyth, E. L. Heinrichs, "Tissue ingrowth after implantation of a novel, biodegradable polyurethane scaffold for treatment of partial meniscal lesions", *The American journal of sports medicine*, vol. 39, no. 4, pp. 774-782, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546511398040>
- [4] W. S. Cho, M. Y. Kim, K. C. Lee, H. Jung, S. W. Lee, "Sports injury around knee joint" *The Korean Journal of Sports Medicine*, vol. 23, no. 1, pp. 24-29, 2005.
- [5] E. Englund, "The role of the meniscus in osteoarthritis genesis", *Rheumatic disease clinics of North America*, vol. 34, no. 3, pp. 573-579, 2008.
- [6] J. J. Fazalare, K. R. McCormick, D. B. Babins, "Meniscal repair of the knee", *Orthopedics*, vol. 32, no. 3, pp. 199, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.3928/01477447-20090301-09>
- [7] W. D. Cannon, C. D. Morgan, "Meniscal repair: Arthroscopic repair techniques", *Instructional course lectures*, vol. 43, pp. 77-96, 1994.
- [8] C. D. Morgan, S. W. Casscells, "Arthroscopic meniscus repair : A safe approach to the posterior horns", *Arthroscopy*, vol. 2, no. 1, pp. 3-12, 1986. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063\(86\)80003-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063(86)80003-2)
- [9] Brotzman SB, Wilk KE., *Clinical Orthopaedic Rehabilitation. second edition*, Philadelphia: Mosby, 315-319, 2002.
- [10] K. D. Shelbourne, D. V. Patel, W. S. Adsit, D. A. Porter, "Rehabilitation after meniscal repair", *Clinics in sports medicine*, vol. 15, no. 3, pp. 595-612, 1996.
- [11] M. K. Kim, S. K. Lee, S. Y. Jung, H. Y. Jo, J. W. Jang, "Effect of the Point in Time of Rehabilitation on Knee Joint Myofunction and Functional Score with Meniscus Repair", *Journal of Sport and Leisure Studies*, vol. 38, no. 2, pp. 1049-1058, 2009.
- [12] J. C. Lee, "The effect of rehabilitative exercise on musculoarticular, proprioceptive functions and Lysholm score in athletes with meniscus repair", *Journal of coaching development*, vol. 8, no. 4, pp. 219-227, 2006.
- [13] A. Saxena, A. Granot, "Use of an Anti-Gravity Treadmill in the Rehabilitation of the Operated Achilles Tendon: A Pilot Study", *The journal of foot and ankle surgery*, vol. 50, no. 5, pp. :558-561, 2011.
- [14] M. N. Moore, C. Vandenakker-Albanese, M. D. Hoffman, "Use of partial body-weight support for aggressive return to running after lumbar disk herniation: A case report", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 91, no. 5, pp. 803-805, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.01.014>
- [15] M. Mikami, K. Fukuhara, T. Kawae, H. Kimura, M. Ochi, "The effect of anti-gravity treadmill training for prosthetic rehabilitation of a case with below-knee amputation", *Prosthetics and orthotics international*, vol. 39, no. 6, pp. 502-506, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0309364614532866>
- [16] M. M. Reinold, K. E. Wilk, "Meniscus repair", 2002. DOI: <http://www.alterg.com/protocol/meniscus-repair>.
- [17] M. Lind, T. Nielsen, P. Faunø, B. Lund, S. E. Christiansen, "Free rehabilitation is safe after isolated meniscus repair", *The American journal of sports*

- medicine, vol. 41, no. 12, pp. 2753-8, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546513505079>
- [18] J. Lysholm, J. Gillquist, "Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale", *The American journal of sports medicine*, vol. 10, no. 3, pp. 150-154, 1982.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354658201000306>
- [19] N. H. Choi, J. S. Oh, "Management of Meniscal Injury: Repair, Meniscectomy, and Transplantation", *J Korean Orthop Assoc*, vol. 46, no. 3, pp. 165-170, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4055/jkoa.2012.47.3.165>
- [20] T. P. Heckmann, S. D. Barber-Westin, F. R. Noyes, "Meniscal repair and transplantation: Indications, Technique, Rehabilitation, and Clinical Outcome", *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, vol. 36, no. 10, pp. 795-814, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2006.2177>
- [21] Brent SB, Kevin EW., *Clinical Orthopaedic Rehabilitation. second edition*, New York: Mosby, 315-320, 2002.
- [22] D. B. Bruce, J. J. Robert, "Anterior cruciate ligament injury rehabilitation in athletes; Biomechanical consideration", *Sports medicine*, vol. 22, no. 1, pp. 54-64, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199622010-00005>
- [23] R. C. Thomas, "Meniscus Repair in 2007", *Techniques in Knee Surgery*, vol. 6, no. 4, pp. 233-241, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/btk.0b013e31815bdda7>
- [24] F. A. Barber, "Accelerated rehabilitation for meniscus repairs", *Arthroscopy*, vol. 10, no. 2, pp. 206-210, 1994.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063\(05\)80095-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063(05)80095-7)
- [25] P. P. Mariani, N. Santori, E. Adriani, M. Mastantuono, "Accelerated rehabilitation after arthroscopic meniscal repair: a clinical and magnetic resonance imaging evaluation", *Arthroscopy*, vol. 12, no. 6, pp. 680-686, 1996.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063\(96\)90170-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-8063(96)90170-X)
- [26] P. Kannus, L. Yasuda, "Peak torque and total work relationship in the muscle after anterior cruciate ligament injury," *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 10, No. 3, pp. 97-101, 1992.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1988.10.3.97>
- [27] S. G. Kim, J. C. Lee, K. O. An, Y. H. Byun, J. J. Bae, "Rehabilitative exercise program for meniscus repair", *Health and Sports Medicine; Official Journal of KACEP*, vol. 9, no. 1, pp. 111-120, 2007.
- [28] Y. S. Jee, J. C. Lee, J. S. Yang, "The effect of rehabilitative exercise on musculoarticular functions and VAS in athletes with meniscus repair", *Journal of coaching development*, vol. 8, no. 4, pp. 209-218, 2006.
- [29] C. Erggelet, C. Grosse, H. R. Henche, B. De Koning, "Arthroscopic meniscus repair: clinical and isokinetic results", *Diagnostic and therapeutic endoscopy*, vol. 4, no. 3, pp. 119-125, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/DTE.4.119>
- [30] P. Pabian, W. J. Hanney, "Functional Rehabilitation after Medial Meniscus Repair in a High School Football Quarterback: A Case Report", *North American journal of sports physical therapy*, vol. 3, no. 3, pp. 161-9, 2008.
- [31] S. Keyhani, M. R. Abbasian, N. Siatiri, A. Sarvi, M. M. Kivi, A. A. Esmailiejah, "Arthroscopic meniscal repair: Modified outside-In technique", *Archives of bone and joint surgery*, vol. 3, no. 2, pp. 104-108, 2015.
- [32] S. Javela, R. Sihvonen, H. Sirkeoja, T. Javela, "All-inside meniscal repair with bioabsorbable meniscal screws or with bioabsorbable meniscus arrows", *The American journal of sports medicine*, vol. 38, no. 11, pp. 2211-2217, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546510374592>
- [33] P. A. Dowdy, A. Miniaci, S. P. Arnoczky, P. J. Fowler, D. R. Boughner, "The effect of cast immobilization on meniscal healing. An experimental study in the dog", *The American journal of sports medicine*, vol. 23, no. 6, pp. 721-728, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659502300615>
- [34] C. D. Morgan, E. M. Wojtys, C. D. Casscells, S. W. Casscells, "Arthroscopic meniscal repair evaluated by secondlook arthroscopy", *The American journal of sports medicine*, vol. 19, no. 6, pp. 632-637; discussion 637-638, 1991.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659101900614>
- [35] K. E. DeHaven, K. P. Black, H. J. Griffiths, "Open meniscus repair. Technique and two to nine year results", *The American journal of sports medicine*, vol. 17, no. 6, pp. 788-795, 1989.
- [36] D. W. Kim, J. S. Moon, M. G. Kim, J. G. Kim, "Pull-out repair for root tear of medial meniscus", *Journal of the Korean Orthopaedic Association*, vol. 9, no. 1 pp. 40-44, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354658901700612>
- [37] R. S. Kim, K. J. Cho, D. H. Choi, H. C. Jung, Y. H. Park, "Prognostic Factors Related to Meniscal Healing in Arthroscopic Meniscal Repair", *Journal of the Korean Orthopaedic Association*, vol. 37, no. 1, pp. 83-88, 2002.
- [38] D. W. Jackson, C. A. McDevitt, T. M. Simon, S. P. Arnoczky, E. A. Atwell, N. J. Silvino, "Meniscal transplantation using fresh and cryopreserved allografts. An experimental study in goats", *The American journal of sports medicine*, vol. 20, no. 6, pp. 644-656, 1992.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659202000605>
- [39] S. W. Han, "Effects of Backward Walking and Neuromuscular Electrical Stimulation on Muscle Function, Functional Capacity, and Pain in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome", *Graduate School, Korea University*, 2003.
- [40] J. Takacs, J. R. S. Leiter, J. D. Peeler, "Novel Application of Lower Body Positive-Pressure in the Rehabilitation of an Individual with Multiple Lower Extremity Fractures", *Journal of rehabilitation medicine*, vol. 43, no. 7, pp. 653-656, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0806>
- [41] J. Takacs, J. E. Anderson, J. R. S. Leiter, P. B. MacDonald, J. D. Peeler, "Lower body positive pressure: an emerging technology in the battle against knee osteoarthritis", *Clinical interventions in aging*, vol. 8, pp. 983 - 991, 2013.

조 한 수(Han-Su Cho)

[정회원]



- 2016년 2월 : 단국대학교 스포츠과학대학원 스포츠의학과 (석사 졸업)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 선수촌병원 근무

<관심분야>

스포츠의학, 운동처방

장 석 암(Seok-Am Zhang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국체육대학교 대학원 스포츠의학전공(이학 박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학

오 두 환(Du-Hwan Oh)

[정회원]



- 2012년 3월 : 단국대학교 대학원 스포츠의학전공(박사수료)
- 2010년 11월 ~ 현재 : DH웰리스 스포츠클리닉 대표
- 2010년 11월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방 재활학과 강사

<관심분야>

정형의학, 스포츠의학, 트레이닝방법

이 장 규(Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학 박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 강사

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학

이 진 욱(Jin-Wook Lee)

[정회원]



- 2012년 8월 ~ 현재 : 단국대학교 일반대학원 체육학과 (박사수료)
- 2014년 3월 ~ 2014년 12월 : 국가대표 여자력비팀 코치(17회 인천아시안게임 출전)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 수원여자대학교 겸임교수

<관심분야>

스포츠 재활, 운동처방, 트레이닝론, 스포츠테이핑