

부분적 체중부하를 통한 트레드밀 훈련이 만성요통환자의 균형능력과 기능장애, 통증에 미치는 영향

김대현¹, 김선엽²

¹대전대학교 일반대학원 물리치료학과, ²대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Effect of Partial Weight Supported Treadmill Training on Balance, Dysfunction and Pain in Patients With Chronic Low Back Pain

Dae-hyun Kim¹, MSc, PT, Suhn-yeop Kim², PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Daejeon University

²Dept. of Physical Therapy, College of Health & Medical Science, Daejeon University

Abstract

Background: Patients with chronic low back pain (CLBP) functionally adapt to decreased postural control due to impaired processing of sensory information. Standing postural control has been the focus of recent research in CLBP. Change in postural control may be a risk factor for CLBP, although available studies are not conclusive.

Objects: This study aimed to identify the role of partial weight supported treadmill training (PWSTT) in improving balance, dysfunction, and pain in patients with chronic low back pain.

Methods: The study included 22 patients with CLBP. Patients in the control group ($n_1=8$) performed three 20 min stabilization exercise sessions per week, for 4 weeks. Patients in the full weight treadmill training group ($n_2=7$) performed treadmill training for 30 min after stabilization exercise. Patients in the PWSTT group ($n_3=7$) performed PWSTT with 20% of their body weight unloaded after stabilization exercises. By using the Biodex balance system, the dynamic balance abilities of the patients in the three groups were assessed in the quiet standing position under combined conditions of visual feedback (eyes open and closed) and platform stability (level 8). The Korean version of the Oswestry Disability Index and visual analogue scale score were used as the main measure.

Results: The results of this study showed that dysfunction and pain were significantly improved in all groups. Although dynamic postural stability with eyes closed was significantly improved only in the PWSTT group ($p<.05$), no significant difference was found in the other groups.

Conclusion: The results of this study indicate that PWSTT improved balance, dysfunction and pain in the patients with CLBP. Thus, this intervention is necessary for patients with CLBP with decreased postural control.

Key Words: Dysfunction; Low back pain; Pain; Partial weight; Treadmill.

I. 서론

요통은 살아가면서 약 70% 이상의 확률로 한번쯤은 겪게 되는 근골격계 질환으로, 3개월 이상 지속이 된다면

일상생활에 장애를 주는 주요한 원인이 된다(Sherafat 등, 2013). 통증과 관련된 연구에서, 통증의 유무에 따라 근육들의 활성과 동원 패턴들이 달라진다고 보고되었고(Hodges와 Richardson, 1999), 근골격계 통증을 가

진 사람들에게서 절뚝거리는 보행, 가동범위의 감소, 척추의 기울어짐과 만곡의 감소 등 통증을 회피하기 위한 움직임 패턴이 나타날 것이라고 하였다(Zusman, 1992). 그 중 요통환자들에게서는 척추에 있는 심부근들이 움직임을 조절하는 과정에서 신경근 동원 능력이 비정상적으로 늦어지는 특징이 나타난다고 하였고(Hodges, 2001), Gill과 Callaghan(1998)은 요통환자들에게서 하요추부의 위치각감이 둔화되는 양상이 나타난다고 하였다.

또한 요통환자들에게서 통증의 강도와 선 자세에서의 동요(sway)가 선형적인 상관관계가 있다고 하였는데(Ruhe 등, 2011), Brumagne 등(2008)은 건강한 사람들과 비교했을 때 요통환자들에게서 선 자세의 흔들림이 더 크게 나타나고, 움직임 동요 후 균형을 회복하는 과정에서 더욱 어려움을 갖는다고 보고하였다(Mientjes와 Frank, 1999). 요통환자의 자세안정성에 관한 연구들에서는 요통환자들은 요추부와 골반 주위 근육들의 유연성과 근 약화로 인해 선 자세에서 고관절 전락을 사용하는데 제한을 준다고 하였고(Carpes 등, 2008), 이로 인해 요통환자들은 건강한 사람들에 비해 내·외측보다는 특히 앞·뒤 자세 조절능력이 더 부족하다고 보고하였다(Lee, 2012).

요통이 발생한 지 4주 이내를 급성, 4주에서 3개월 전까지를 아급성, 3개월 이후를 만성이라 구분하고 있으며(Chou 등, 2007), 세계적으로 분류된 요통환자 관리에 대한 임상 지침서에는 급성, 아급성 요통환자들에게는 능동적인 활동을 유지하면서 침상에서의 휴식을 가급적 피하는 것을 권고하고 있으며, 만성 요통 환자들은 운동치료를 시행할 것을 강조하고 있다(Koes 등, 2001). 따라서 만성요통에 대한 가장 적절한 관리는 가능한 빨리 일상적인 활동을 유지하고, 점진적으로 증가시키는 것이며, 그 중 걷기는 운동치료 분야의 하나로써 흔히 시행되고 있다.

Jette와 Jette(1996)는 지구력 훈련은 통증의 예민성을 줄이고, 통증이 있는 근육들의 혈액 순환을 증가시키며, 엔돌핀을 증가 시킨다고 하였고, 그 중 체중부하 트레드밀훈련(full weight bearing)은 일반적인 지면에서의 걷기 훈련에 비해 상대적으로 적은 지지면(base of support)을 갖게 되는데, 훈련 과정에서 내·외측 방향으로의 체중 이동이 더욱 많이 요구되어 선자세의 균형조절에 영향을 미친다고 하였다(Ganesan 등, 2014). 또한 Joffe 등(2002)은 부분적 체중보조를 통해 척추에

가해지는 부하를 줄인 상태에서 지구력 훈련을 병행한다면 요통과 하지에 통증이 있는 환자들에게 통증을 줄이고, 기능적 활동을 증진시킬 것이라고 주장하였다.

한편, 척추에 가해지는 부하를 줄일 수 있는 또 다른 방법으로 수중치료(aquatic therapy)가 있는데, 부력을 통한 이차적인 척추에서의 부하 감소는 운동 후 통증을 최소화 시킬 수 있고, 관절의 스트레스를 최소화하면서 관절과 근육의 운동을 이끌어 낼 수 있기 때문에 손상 후 재활 과정에 더욱 일찍이 참여할 수 있다고 하였다(Lee와 Kim, 2013; Shum 등, 2005). 하지만 수중치료를 환자에게 적용함에 있어서 공간상의 제약과 부하 감소량을 정량화 할 수 없다는 점에서 현재 많이 사용되지 않고 있는 실정이다. 그러나 본 연구에서 적용한 탈부하 시스템(non-weighting system)을 이용한 트레드밀 훈련은 통증을 일으키지 않는(pain-free) 적절한 부하량을 명확히 설정할 수 있고, 다른 중재들과 병행할 수 있기 때문에 손쉽게 적용할 수 있다는 이점이 있다. 부분적 체중부하(partial weight bearing) 트레드밀훈련은 유각기 동안에 무게 중심을 앞쪽으로 보내기 위한 전방과 상방으로의 동원해야할 노력이 줄게 되어(Threlkeld 등, 2003), 움직임과 관절의 회전력, 지면반발력에 영향을 줄 수 있고, 양측 하지에서 움직임 패턴의 효율적인 증진과 발목관절의 충격흡수와 힘의 발생이 변화한다고 보고하였다(Franz 등, 2007). 따라서 이 부분적 체중부하를 통해 얻을 수 있는 이점은 수직방향으로 체간을 들어 올려줌으로써 척추에 가해지는 부하를 감소시켜주어, 훈련을 함에 있어 보다 안전하고 편안한 환경을 제공해 줄 것이다. 또한 양측 하지의 리드미컬하고 적절한 하지의 움직임을 통해 통증으로 억제되었던 요추부와 양측하지 간의 근육들을 재활성 시킬 수 있고, 협응능력을 증진시켜 줄 것이다.

이 중재와 관련된 선행 연구들에서는 주로 신경학적 질환(뇌졸중, 척수손상, 파킨슨병)을 가진 대상자로 한 연구들이 대부분 이었다(Ganesan 등, 2014; Gardner 등, 1998; Nilsson 등, 2001). 반면 근골격계 질환과 관련된 연구는 협착증과 하지 통증을 동반한 요통, 그리고 슬관절 관절염 등이 있었으나(Joffe 등, 2002; Mangione 등, 1996; Pua 등, 2007), 주로 통증과 기능장애수준, 심박수, 산소소비량을 조사하였고, 균형에 대해 연구한 사례는 찾아보기 어려웠다. 따라서 본 연구는 요통환자의 치료와 관련된 중재방법으로 체중부하 트레드밀훈련 그리고 부분적 체중보조를 통한 트레드밀훈련 중재가 만

성요통환자들의 균형 능력과 기능장애수준 그리고 통증 수준에 미치는 영향을 비교해 보고자 하였다.

방법을 피험자 설명서 및 동의서를 통해 충분히 설명을 들은 후 동의하였고, 본 연구는 시작 전 대전대학교 기관생명윤리위원회에 심의를 통과 후 진행되었다(승인번호: 1040647-201507-HR-020-03).

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 J시에 위치한 J대학교병원에 외래 또는 입원한 환자 중 20세 이상 60세 미만의 환자들로, 발병한 지 3개월 이상 만성 요통 질환을 겪고 있는 환자들을 대상으로 시행하였다. 제외조건으로는 양 하지의 정형외과적 수술이나 장애로 인하여 보행이 어려운 환자, 특별히 선 자세에서의 균형 능력에 문제가 있는 환자(전정계 손상, 신경학적 질환), 이전의 척추와 관련된 수술이나 시술을 받은 환자, 최근 1년 이내에 심장우회술이나 심장과 관련된 수술을 받은 환자, 임신, 감염 등 관련 사항이 하나라도 있을 경우 제외하였다. 총 43명의 대상자 중 22명이 대상자로 선정되었고, 무작위 배치 방법으로 안정화운동군(대조군, 8명), 체중부하 트레드밀훈련군(full weight treadmill training, FWTT군, 7명), 부분적 체중부하 트레드밀훈련군(partial weight supported treadmill training, PWSTT군, 7명)에 각각 배정하였다. 선정된 대상자들은 실험 전 연구의 목적과

2. 연구 절차

본 연구에 절차는 Figure 1과 같다.

3. 평가 도구 및 방법

가. 동적 균형능력 검사

대상자의 균형능력을 평가하기 위해 균형검사 장비(Balance SD, Biodex medical systems, New york, USA)를 이용하여 동적 자세안정성 검사(dynamic postural stability test)와 안정성 한계 검사(limit of stability test)를 시행하였다. 이 검사 시스템의 바닥은 원형 플랫폼으로 구성되어 있으며, 수평면에서 모든 방향으로 최대 20도 기울어진다.

1) 동적 자세안정성(dynamic postural stability; DPS)

DPS 검사는 지지면이 고정되어 있지 않은 검사대 위에 중심을 잡고 서 있을 때 중심을 유지하는 능력을 평가하였다. 측정결과는 전후방, 좌우측방으로 움직이는 정도를 계산하여 점수화하게 되어 있다. 대상

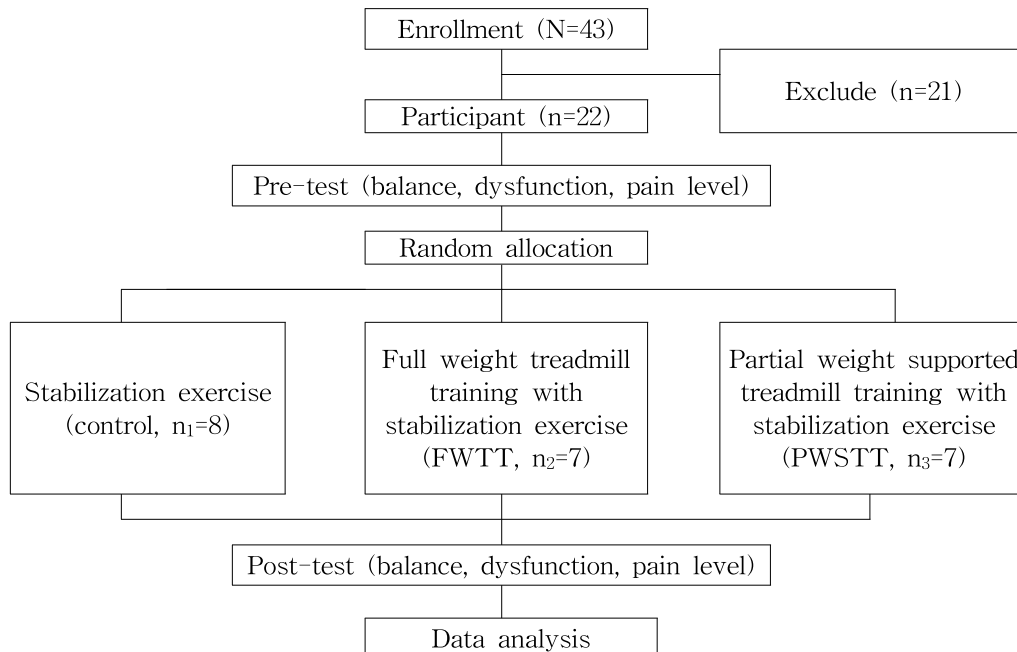


Figure 1. Study design.

자는 검사대 위에서 발을 움직이지 않는 상태에서 참가자 앞에 놓인 스크린에 보이는 점을 가운데에 유지하는 방법으로 시행하였다. 이 점의 위치는 각 대상자의 무게 중심점이 이동함에 따라 동시에 변화하며, 점의 위치가 중심으로부터 변화되는 정도를 수치로 계산되어 기록되어진다. 또한 동적인 환경을 제공하기 위하여 바닥면의 불안정성을 8 등급(약간의 불안정성)으로 적용하여 시행하였다. 이 검사는 총 3세트로 반복 진행하였고, 각 세트는 20초간 시행되었고, 세트 당 10초의 휴식시간을 주었다. 이러한 과정을 눈을 뜬 상태에서와 눈을 감은 상태에서 각각 시행하였다. 이 검사의 균형지수들은 균형과 평형을 유지하기 위해 요구되어지는 고유수용성 반사들의 통합적인 조절이 잘 반영된다고 보고되었고(Nashner, 1983), 신경근 조절능력이 저하된 환자는 평가과정에서 상대적으로 큰 흔들림이 나타날 것이며, 점수 또한 높게 나올 것이다. 이 측정 장비의 측정자내 신뢰도($r=.90$), 측정자간 신뢰도($r=.94$)로 보고되었다(Cachupe 등, 2001).

2) 안정성 한계(limit of stability; LOS)

LOS 검사는 몸을 8방향(전, 후, 좌, 우, 전-좌측, 전-우측, 후-좌측, 후-우측 방향)으로 체중 이동(weight shift)하는 능력을 평가하게 위한 검사이다. 스크린에 보이는 목표점(target point)들이 깜박이면서 무작위로 다른 방향으로 표시될 때, 대상자는 발을 움직이지 않는 상태에서 몸의 무게중심점을 이동시켜 목표점까지 도달하게 하였다. 각 방향의 검사후 얻은 점수들을 통합하여 LOS 지수를 계산하였다. 이 지수의 최고 점수는 100점이며, 점수가 낮을수록 자세의 변화량이 더 크게 나타나는 것이라 판단할 수 있다. LOS 지수는 체간의 불균형과 하지 내의 협응 능력이 반영되며, 점수가 높을수록 특정 방향에 대한 균형조절 능력이 좋다는 것을 의미한다(Ganesan 등, 2012).

나. 기능장애수준

연구대상자들의 기능장애수준을 평가하기 위하여 한국판 오스웨스트리 기능장애 지수(Korean version Oswestry Disability Index; KODI)를 시행하였다. 이 평가는 총 10문항으로 구성되어 있으며, 총점은 50점으로 점수가 높을수록 일상생활 활동에 제한이 크다는 것을 의미한다. KODI 척도의 신뢰도(Cronbach's alpha)는 $r=.917$ 이었고, 검사-재검사 신뢰도는 $r=.933$ 이며 높은 수준으로 보고되고 있다.

다. 통증수준

연구대상자의 통증수준을 평가하기 위하여 시각적상사척도(visual analogue scale; VAS)를 사용하였다. 이 척도는 100 mm 길이의 수평선을 사용하였다. 가장 왼쪽 끝은 통증이 전혀 없고, 가장 오른쪽 끝은 참을 수 없을 정도의 매우 심각한 통증을 의미한다. VAS의 검사-재검사 신뢰도($r=.99$)와 측정자간 신뢰도($r=1.00$)는 상당히 높은 수준이다(Wagner 등, 2007).

4. 중재 방법

가. 대조군

본 연구에서는 세 군 모두에게 요부안정화운동을 적용하였고, 대조군에게는 요부안정화운동 프로그램만을 적용하였다. 적용한 안정화운동 중재방법에는 4가지 운동법이 포함되어 있다. 각 운동은 바로누운자세에서 엉덩이 들기, 팔 짚고 옆드린 자세에서 엉덩이 들기, 팔 짚고 옆으로 누운 자세에서 엉덩이 들기(Brumitt 등, 2013), 네발기기 자세에서 팔, 다리 들기로 구성하였다. 운동강도는 각 대상자의 상태에 맞게 점진적으로 적용하였다. 모든 운동 중재는 임상 경험 5년 이상 경력을 가진 한 명의 물리치료사의 지도하에 실시되었으며, 각 운동 동작은 10초 지속, 10초 휴식으로 구성하였고, 10회를 1세트로 하여 총 3세트 실시하였다. 모든 군에게 일반적 중재로 표면 열치료와 경피신경전기자극치료 그리고 초음파투열치료를 중재 기간인 4주간, 일주일에 3번씩 적용하였다.

나. 체중부하 트레드밀 훈련군(full weight treadmill training; FWTT)

FWTT군에게는 대조군에게 적용한 요부안정화운동 프로그램을 동일하게 적용한 후에, 트레드밀(Gait Trainer Treadmill II, Biodex, Shirley, New York, USA) 훈련을 추가 실시하였다(Figure 2A). 트레드밀 보행 속도는 각 대상자의 상태에 맞게 편안한 속도로 스스로 선택하게 하였고, 훈련 시간은 30분간 시행하였으며, 중재기간은 대조군과 동일하게 적용하였다.

다. 부분적 체중부하 트레드밀 훈련군(partial weight supported treadmill training; PWSTT)

PWSTT군은 대조군과 같은 요부안정화운동 프로그램을 적용한 후, 추가적으로 트레드밀 훈련을 적용하였다. 이 군에서는 각 대상자의 체중의 20%의 부하를 감

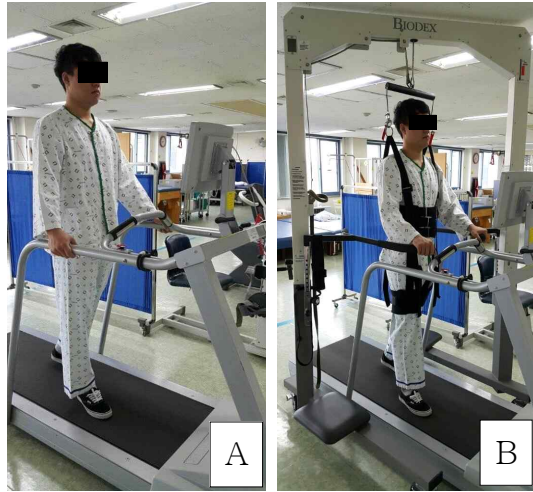


Figure 2. Treadmill training(A: full weight treadmill training, B: partial weight supported treadmill training).

소시킬 수 있는 부하조절 시스템 장비를 이용하여 트레드밀 훈련을 적용하였는데, 이러한 부분적 체중부하 상태에서의 트레드밀 보행속도와 시간은 FWTT군과 동일한 방식으로 진행하였다.(Figure 2B).

5. 분석 방법

본 연구에서 측정하여 수집된 자료는 SPSS ver. 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계처리하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하여 평균과 표준편차로 제시하였고, 중재 전과 후에 세 군 간에 측정값을 비교하기 위해 비모수검정 방법인 크루스칼 윌리스(Kruskal-Wallis) 분석을 시행하였고, 유의한 차이가 있을 경우 사후검정으로 Tamhane 검정을 실시하였다. 세 군 간에 중재 전후의 측정변수에 변화량을 비교하기 위해 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 실시하였다. 모든 분석

시에 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준을 .05로 정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 대조군(8명), FWTT군(7명), PWSTT군(7명) 등으로 총 22명이 참가하였다. 대상자의 평균연령과 체질량지수(body mass index), 성별 분포는 세 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 중재 전후에 동적균형 능력의 변화

연구대상자의 동적균형 능력을 평가하기 위해 안정성 한계 검사(LOS)와 동적 자세안정성 검사(DPS)를 실시하였다.

가. 동적 자세안정성(DPS) 검사

DPS 지수는 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 각각 측정하였다(Table 2). 중재 전에 눈을 뜬 상태에서의 DPS 지수는 세 군 간에 유의한 차이가 없었다. 그리고 중재 전후에 DPS의 변화량도 세 군 간에 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 눈을 감은 상태에서 중재 전에 DPS 지수는 세 군 간에 유의한 차이가 없었다. 중재 전후에 DPS 지수의 변화량은 대조군과 FWTT군에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나, PWSTT군은 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 또한 중재 전후에 DPS의 변화량은 세 군 간에 유의한 차이를 보였고, 사후검정 결과, PWSTT군과 대조군 간에 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

나. 안정성 한계(LOS) 검사

LOS 지수는 중재 전에 세 군 간에는 유의한 차이가

Table 1. General characteristic of subjects

(N=22)

| Variables (unit) | Control ^a (n ₁ =8) | FWTT ^b (n ₂ =7) | PWSTT ^c (n ₃ =7) | F/ χ^2 | p value |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------|---------|
| Age (year) | 37.0±15.4 ^d | 40.6±13.6 | 44.4±13.5 | .61 | .74 |
| Gender (male/female) | 3/5 | 2/5 | 2/5 | .18 | .92 |
| Height (cm) | 163.1±4.3 | 164.9±5.7 | 165.6±6.2 | .62 | .73 |
| Weight (kg) | 56.6±11.6 | 54.0±5.0 | 58.3±7.7 | 1.46 | .48 |
| Body mass index (kg/m ²) | 21.5±4.3 | 19.8±.9 | 21.2±2.3 | 1.11 | .57 |

^acontrol group, ^bfull weight treadmill training group, ^cpartial weight supported treadmill training group, ^dmean±standard deviation.

없었다($p>.05$). 그러나 중재 전후에 LOS 지수는 세 군 모두 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 중재 전후에 LOS 지수의 변화량은 세 군 간에 유의한 차이가 있었으나 ($p<.05$), 사후검정 결과, 각 군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 2).

3. 중재 전후에 통증수준과 기능장애수준의 비교

중재 전에 통증수준은 세 군 간에 유의한 차이가 없었고, 중재 전후에 통증수준의 변화량은 세 군 모두 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 사후검정을 실시한 결과, PWSTT군이 FWTT군과 대조군에 비해 각각 통증수준의 변화량이 유의하게 더 컸다($p<.05$). 기능장애수준은

중재 전에 세 군 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p<.05$). 그리고 중재 전후에 기능장애수준의 변화량은 세 군 모두 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 사후검정을 한 결과, FWTT군과 PWSTT군 간에 기능장애수준의 변화량은 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 3).

IV. 고찰

만성요통환자들의 특성을 분석한 연구에서 요통은 서기, 걷기, 씻기, 옷 입기, 사회활동과 같은 기능수준과 상관관계가 매우 높다고 보고하였다(Lee와 Song, 2013). 부분적

Table 2. Comparison of dynamic balance with pre and post intervention among the three groups

| Variables (unit) | | Control ^a (n ₁ =8) | FWTT ^b (n ₂ =7) | PWSTT ^c (n ₃ =7) | χ^2 | Post-hoc |
|--------------------------|--------------|--|---------------------------------------|--|----------|----------|
| LOS ^d (point) | Pre | 46.50±18.43 ^e | 48.00±3.37 | 41.43±9.45 | 1.54 | |
| | Post | 49.50±15.60 | 50.14±3.53 | 50.71±4.35 | 1.56 | |
| | Change | -3.00±3.93 | -2.14±.69 | -9.29±6.05 | 9.28* | |
| | Z | -2.11* | -2.41* | -2.38* | | |
| DPS ^f (point) | Eye open Pre | 1.56±1.04 | 1.27±.53 | 1.60±.58 | .97 | |
| | Post | 1.53±1.13 | 1.20±.36 | 1.36±.50 | .48 | |
| | Change | .04±.21 | .07±.26 | .24±.29 | 3.14 | |
| | Z | -.72 | -.94 | -1.87 | | |
| Eye closed | Pre | 5.88±1.21 | 5.70±.69 | 6.00±.67 | .91 | |
| | Post | 5.84±1.08 | 5.56±.81 | 4.09±.56 | 10.14* | Control |
| | Change | .04±.44 | .14±.42 | 1.91±1.00 | 12.80* | <PWSTT |
| | Z | -.07 | -.68 | -2.37* | | |

^acontrol group, ^bfull weight treadmill training group, ^cpartial weight supported treadmill training group, ^dlimit of stability, ^emean±standard deviation, ^fdynamic postural stability * $p<.05$.

Table 3. Comparison of VAS, KODI with pre and post intervention among the three groups

| Variables (unit) | | Control ^a (n ₁ =8) | FWTT ^b (n ₂ =7) | PWSTT ^c (n ₃ =7) | χ^2 | post-hoc |
|---------------------------|--------|--|---------------------------------------|--|----------|---------------|
| VAS ^d (cm) | Pre | 5.63±.92 ^e | 5.71±1.11 | 6.29±1.38 | 1.43 | |
| | Post | 4.13±.84 | 4.00±1.00 | 2.86±0.90 | 6.09* | Control, FWTT |
| | Change | 1.50±.76 | 1.71±0.49 | 3.43±0.98 | 13.03** | <PWSTT |
| | Z | -2.46* | -2.46* | -2.39* | | |
| KODI ^f (point) | Pre | 13.38±1.20 | 12.57±2.76 | 17.43±2.15 | 10.24* | |
| | Post | 11.13±2.10 | 10.71±2.29 | 13.29±1.25 | 5.90 | FWTT<PWSTT |
| | Change | 2.25±1.58 | 1.85±1.07 | 4.14±1.35 | 8.00* | |
| | Z | -2.41* | -2.40* | -2.38* | | |

^acontrol group, ^bfull weight treadmill training group, ^cpartial weight supported treadmill training group, ^dvisual analogue scale, ^emean±standard deviation, ^fKorean version Oswestry disability index, * $p<.05$, ** $p<.01$.

체중부하 트레드밀 훈련은 신경학적 또는 근골격계 질환을 가진 환자들을 대상으로 기능적인 활동을 위해 일찍이 재활을 시작하는 과정에서 적용되고 있다. 이 훈련과 관련된 연구들의 초점은 주로 신경학적 질환(뇌졸중, 척수손상, 파킨슨)의 환자들이 대한 보행과 균형능력에 맞춰져있고, 근골격계 질환(요통, 척추협착증, 슬관절 관절염)에서는 통증, 기능장애에 초점이 맞춰져 있으나 요통환자들의 균형능력에 관련된 연구는 현재 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 만성요통환자들을 대상으로 부분적 체중부하 트레드밀훈련이 일반적 물리치료중재인 안정화운동 그리고 체중부하 트레드밀 훈련과 비교하여 균형능력과 기능장애수준 그리고 통증수준에 어떠한 차이가 있는지 알아보고자 하였다. 연구의 결과는 부분적 체중부하 트레드밀 훈련군에서 동적 균형능력 검사(DPS, LOS 검사)와 통증수준에서 대조군과 FWTT군에 비하여 더 유의하게 향상되었다.

우리 몸의 체간에 위치한 근육들은 척추 움직임이나 자세, 안정성에 있어 중요한 역할을 한다(Kim 등, 2014). Refshauge 등(1995)은 요통환자들에게서 건강한 사람들과 비교했을 때 선 자세에서 몸의 중심이 전방으로 기울어진 자세를 취한다고 보고하였다. 원인으로서는 첫 번째 선 자세에서 자세에 대한 불안감과 낙상에 대한 두려움으로 인한 것이며, 두 번째는 뒤통치가 바닥에 닿은 상태에서 전방으로 몸을 기울였을 때, 하퇴삼두근이 신장되면서 근방추가 더욱 활성화 될 수 있는 환경을 만들어 주는데, 이러한 자세조절 기전의 변화는 통증이 있는 척추분절에서 근육 동원능력의 저하에 대한 보상작용으로 생각된다. 반면에 Nies와 Sinnott(1988)는 요통환자들은 건강한 사람들에 비해 선 자세에서 무게 중심점이 더욱 뒤쪽으로 위치한다고 주장하였는데, 이러한 자세조절 기전의 변화는 요추 전만을 증가시킴으로써 체간의 신전근들의 부하를 줄이려는 보상작용으로 인해 나타난다고 하였다. 따라서 요통환자들은 체간의 회전력(torque)을 줄이는 자세조절 패턴들로 바뀌게 되는데(Jones 등, 2012), 선 자세에서 체간근의 공동수축(co-contraction of trunk muscles)을 이용한 체간 자세조절 전략과 몸의 경사도 변화는 자세의 동요가 예상되어질 때 척추에 더욱 강한 압박력을 제공한다. 이러한 양상들은 자세조절 과정에서 선행적으로 척추의 움직임을 줄이고(Mok 등, 2007), 활동 시 더욱 느린 속도로 혹은 더욱 빠르게 움직이게 될 것이다.

이전 Biodex 균형훈련 장비를 사용하여 만성요통환자

들의 균형능력 검사에 대한 검사-재검사 신뢰도를 평가한 연구에서는 눈을 뜬 상태보다 눈을 감은 상태에서 더 높은 급내상관계수 값을 얻었다. 또한 동적 균형능력 평가에서 또 다른 변수인 바닥 지지면(platform)과 관련된 연구에서는 대부분 정적인 지지면은 요통이 있는 군과 없는 군 간에 차이를 밝힐 수 있는 일관성 있는 결과를 나타내지 못한다고 보고되었고(Sherafat 등, 2013), 동적인 지지면(perturbation)은 자동적인 자세 반응(automatic postural responses)을 측정하는데 이용된다. 따라서 본 연구자는 만성요통환자들의 균형능력을 측정하기 위해서 동적인 지지면에서 시각적인 변수를 주어 중재 전후에 균형 평가를 실시하였다.

부분적 체중부하 트레드밀훈련은 먼저 하네스로 대상자의 체간을 고정시킴으로써 체간의 전후방(linear) 움직임과 회전(rotation)의 움직임을 제한하고, 활동 시 체간으로 주어지는 충격흡수량을 줄일 수 있다. 또한 하네스를 착용한 상태에서 체중부하 시스템에 의해 줄어드는 체중 부하는 줄어든 만큼 중력에 대하여 몸을 세워야 할 노력이 줄어들게 된다. Aaslund와 Moe-Nilssen(2008)은 부분적 체중부하 트레드밀훈련 시 체간의 움직임을 조사하였는데, 체중부하 시스템 적용 시 보장 간(interstride)에 전후방, 수직방향으로 체간에서의 가속력(acceleration)이 주기적으로 감소 되었다고 보고하였다. 이 결과는 훈련 시 체간에 주어지는 부하가 줄어든 것으로 생각되며, 이 중재를 통해 요통환자들의 선 자세나, 보행 시 체간(trunk)으로 주어지는 과도한 충격이나 부하를 피하기 위한 체간과 양측 하지에서의 변화된 움직임 패턴들을 개선하는데 도움을 줄 것이라고 생각한다. Ganesan 등(2014)은 부분적 체중부하 트레드밀훈련이 트레드밀 훈련만 시행한 군에 비해 체간의 움직임이 줄어든 상태에서 상대적으로 보행속도가 더 빠르고, 체중지지면이 더 좁은 환경에서 훈련함으로써 균형능력이 더욱 향상될 것이라고 보고하였다. Miller 등(2002)는 체중부하 시스템에 의한 체중지지의 감소를 통해 트레드밀 훈련 시 근육들에서 요구되어지는 부하들을 줄여주어 하지의 협응력을 증진시키고, 더욱 효율적이고 효과적인 움직임 전략들을 증진시키는데 도움을 줄 것이라고 하였다. Threlkeld 등(2003)의 연구에서는 건강한 사람들을 대상으로 부분적 체중보조 트레드밀 훈련 중 체중을 보조하는 양의 변화에 따른 운동학적 특성을 조사하였는데, 체중의 50~70%를 보조한 상태에서 트레드밀 훈련을 한 경우 10% 보조한 상태에 비해 하지에서 시공간적,

운동학적 패턴들이 유의하게 왜곡되어진다고 보고하였다. 반면 체중의 10%와 30%를 적용하여 훈련한 경우 패턴들의 변화가 가장 적었다고 하였다. Finch 등(1991)은 체중의 보조 양이 증가할수록 입각기 기간(stance time)의 유지시간과 전체 두 발 지지 기간이 유의하게 감소한다고 하였고, 유각기 동안 고관절과 슬관절의 최대 굴곡이 유의하게 감소하였다는 결과를 보고하였다.

선행 연구에서, 하지통증을 동반한 요통환자들에게 부분적 체중보조(체중의 20~40%) 트레드밀 훈련을 통해 통증과 기능적 수준의 향상을 보고하였고(Joffe 등, 2002), Mangione 등(1996)의 연구에서는 슬관절염이 있는 환자들에게 부분적 체중보조(체중의 20%, 40%) 트레드밀 훈련을 통해 더 오랜 시간동안 걷기 훈련이 가능하였고, 훈련 중 산소소모량(oxygen consumption)과 심박수를 줄여 주어 관절염이 있는 노인들에게 적절한 운동강도를 제공할 수 있다고 하였다. 반면에 척추협착증 환자들에게 6주 동안 부분적 체중보조(체중의 30~40%)를 통한 트레드밀 훈련을 시행한 군과 고정용 자전거를 적용한 군과 비교하였을 때 통증과 기능장애수준에 유의한 차이가 나타나지 않았다(Pua 등, 2007). 본 연구에서도 체중의 20%를 보조하여 트레드밀 훈련을 시행하였는데, 통증수준과 기능장애수준이 유의하게 향상되어 Joffe 등(2002)의 연구결과와 유사한 결과를 보였다. 본 연구의 결과를 통해 저자는 부분적 체중부하를 통한 안전하고, 편안한 환경이 트레드밀 훈련 과정에서 요구되어지는 부하를 줄여줌으로써 만성요통환자들에게 통증으로 억제되어진 근육들과 제한된 움직임 전략들을 재훈련시킬 수 있는 적절한 환경을 제공해 주었다고 생각한다. 또한 그로인해 만성요통환자들의 균형과 통증, 기능장애에 긍정적인 효과가 나타났다고 결론지었다.

본 연구의 제한점은 표본수가 적고, 만성기의 요통환자만을 대상으로 하였으므로 본 연구의 결과를 급성기와 아급성기 요통환자에게 적용하는데 한계가 있다. 또한 만성요통환자들의 신체적인 측면만 고려하였고 심리사회학적 측면을 충분히 고려하지 못했다는 점 그리고 부분적 체중부하의 기준을 트레드밀 장비 위에서 대상자에 체중의 감소로 결정하여 실제적으로 감소된 체중이 요추부에 가해지는 부하를 어느 정도 영향을 주었는지 정확히 알 수 없었다는 것이다. 이후에 연구는 만성요통환자에게 부분적 체중부하 트레드밀 훈련 시 심리사회학적 측면에 대한 접근과 보행과 관련된 관련 근육들의 동원패턴에 어떠한 영향을 주는가에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구의 목적은 만성요통환자에게 적용하는 트레드밀 훈련 시 체중부하와 부분적 체중부하 상태에서의 트레드밀 훈련의 효과를 비교하는 것이다. 총 22명의 만성요통환자를 대조군과 FWTT군, PWSTT군으로 무작위 배정하고, 4주간 트레드밀 보행 중재를 적용하였다. 중재 후에 통증수준과 기능장애수준 그리고 동적 균형수준을 평가하였고 세 군 간에 중재 전후의 차이를 비교 분석하였다. 그 결과 만성요통환자에게 적용한 PWSTT군은 FWTT군과 대조군에 비해 동적 균형능력과 기능장애수준, 통증수준을 유의하게 향상되었다. 따라서 향후 임상에서 트레드밀훈련 중재를 만성요통환자에게 적용 시, 체중부하 보다는 부분적 체중부하를 이용한 트레드밀훈련을 적용할 것을 제안하는 바이다.

References

- Aaslund MK, Moe-Nilssen R. Treadmill walking with body weight support effect of treadmill, harness and body weight support systems. *Gait Posture*. 2008;28(2):303-308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.011>
- Brumagne S, Janssens L, Janssens E, et al. Altered postural control in anticipation of postural instability in persons with recurrent low back pain. *Gait Posture*. 2008;28(4):657-662. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.04.015>
- Brumitt J, Matheson JW, Meira EP. Core stabilization exercise prescription, part I: Current concepts in assessment and intervention. *Sports Health*. 2013;5(6):504-509. <http://dx.doi.org/10.1177/1941738113502451>
- Cachupe WJC, Shifflett B, Kahanov L, et al. Reliability of Biodex balance system measures. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2001;5(2):97-108.
- Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: A pilot study. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12(1):22-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2007.05.001>
- Chou R, Qaseem A, Snow V, et al. Diagnosis and

- treatment of low back pain: A joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med.* 2007;147(7):478-491.
- Finch L, Barbeau H, Arsenault B. Influence of body weight support on normal human gait: Development of a gait retraining strategy. *Phys Ther.* 1991; 71(11):842-855.
- Franz JR, Glauser M, Riley PO, et al. Physiological modulation of gait variables by an active partial body weight support system. *J Biomech.* 2007; 40(14):3244-3250.
- Ganesan M, Pasha SA, Pal PK, et al. Direction specific preserved limits of stability in early progressive supranuclear palsy: A dynamic posturographic study. *Gait Posture.* 2012;35(4):625-629. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.012>
- Ganesan M, Sathyaprabha TN, Gupta A, et al. Effect of partial weight-supported treadmill gait training on balance in patients with Parkinson disease. *PM R.* 2014;6(1):22-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.08.604>
- Gardner MB, Holden MK, Leikuskas JM, et al. Partial body weight support with treadmill locomotion to improve gait after incomplete spinal cord injury: A single-subject experimental design. *Phys Ther.* 1998;78(4):361-374.
- Gill KP, Callaghan MJ. The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23(3): 371-377.
- Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1005-1012.
- Hodges PW. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. *Exp Brain Res.* 2001;141(2):261-266.
- Jette DU, Jette AM. Physical therapy and health outcomes in patients with knee impairments. *Phys Ther.* 1996;76(11):1178-1187.
- Joffe D, Watkins M, Steiner L, et al. Treadmill ambulation with partial body weight support for the treatment of low back and leg pain. *J Orthop Sports Phy Ther.* 2002;32(5):202-213.
- Jones SL, Henry SM, Raasch CC, et al. Individuals with non-specific low back pain use a trunk stiffening strategy to maintain upright posture. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(1):13-20.
- Kim SH, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic exercise on balance and depression of stroke patients. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(2): 104-109.
- Koes BW, van Tulder MW, Ostelo R, et al. Clinical guidelines for the management of low back pain in primary care: An international comparison. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(22):2504-2513.
- Lee DK, Kim YN. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation lower extremity pattern on muscular strength and flexibility in an aquatic environment. *J Korean Soc Phys Ther.* 2013; 25(2):49-55.
- Lee GC. Postural stability change in young people with low back pain. *J Korean Soc Phys Ther.* 2012;24(3):181-185.
- Lee HJ, Song JM. Analysis of the characteristics of patients with chronic low back pain using the ICF concept. *J Korean Soc Phys Ther.* 2013; 25(5):282-287.
- Mangione KK, Axen K, Haas F. Mechanical unweighting effects on treadmill exercise and pain in elderly people with osteoarthritis of the knee. *Phys Ther.* 1996;76(4):387-394.
- Mientjes MI, Frank JS. Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1999;14(10):710-716.
- Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke. *Phys Ther.* 2002;82(1):53-61.
- Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Failure to use movement in postural strategies leads to increased spinal displacement in low back pain.

- Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(19):E537-E543.
- Nashner LM. Analysis of movement control in man using the movable platform. *Adv Neuro*. 1983;39:607-619.
- Nies N, Sinnott PL. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;16(3):325-330.
- Nilsson L, Carlsson J, Danielsson A, et al. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: A comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. *Clin Rehabil*. 2001;15(5):515-527.
- Pua YH, Cai CC, Lim KC. Treadmill walking with body weight support is no more effective than cycling when added to an exercise program for lumbar spinal stenosis: A randomised controlled trial. *Aust J Physiother*. 2007;53(2):83-89.
- Refshauge KM, Chan R, Taylor JL, et al. Detection of movements imposed on human hip, knee, ankle and toe joints. *J Physiol*. 1995;488(Pt 1):231-241.
- Ruhe A, Fejer R, Walker B. Is there a relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific low back pain? *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12:162. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-12-162>
- Sherafat S, Salavati M, Ebrahimi Takamjani I, et al. Intra-session and inter-session reliability of postural control in participants with and without non-specific low back pain using the Biodex balance system. *J Manipulative Physiol Ther*. 2013;36(2):111-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2012.12.005>
- Shum GL, Crosbie J, Lee RY. Symptomatic and asymptomatic movement coordination of the lumbar spine and hip during an everyday activity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(23):E697-E702.
- Threlkeld AJ, Cooper LD, Monger BP, et al. Temporospatial and kinematic gait alterations during treadmill walking with body weight suspension. *Gait Posture*. 2003;17(3):235-245.
- Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, et al. Reliability and utility of a visual analog scale for the assessment of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol*. 2007;8(1):27-31.
- Zusman M. Central nervous system contribution to mechanically produced motor and sensory responses. *Aust J Physiother*. 1992;38(4):245-255. [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60567-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60567-5)
-
-
- This article was received September 7, 2015, was reviewed September 8, 2015, and was accepted October 30, 2015.