

고강도서킷트레이닝에 의한 신체조성의 변화가 복부비만 중년남성의 척추만곡도와 요부통증에 미치는 영향

김채원¹, 김정훈^{2*}

¹단국대학교 스포츠과학대학원, ²단국대학교 스포츠과학대학

The Effects of Changes In Body Composition Through High Intensity Circuit Training On Spine Curvature And Low Back Pain Among Middle-Aged Men With Abdominal Obesity

Chae-Won Kim¹, Jung-Hoon Kim^{2*}

¹Graduate School of Sports Science, Dankook University

²College of Sports Science, Dankook University

요약 좌식 생활 및 신체활동의 부족에서 발생하는 과체중 및 복부비만은 요추 신전근의 약화 및 위축으로 인하여 요부통증(Low back Pain, LBP)의 위험요인으로 추정된다. 그러므로 이 연구는 LBP를 소유하고 있는 복부비만 중년남성(n=80)에게 체중감량에 효과가 있는 고강도서킷트레이닝(High Intensity Circuit Training, HICT)을 적용했을 때 신체조성의 변화가 척추만곡도(Spine Curvature, SC) 및 시각적통증척도(Visual Analog Scale, VAS)에 미치는 영향을 관찰하고자 한다. 운동 프로그램으로는 체간 중심의 운동을 포함한 전신의 근육을 동원할 수 있는 다관절 형태의 12가지 종목으로 구성된 HICT(1회 운동 30분, 격일제 주당 3회)를 12주간 적용하였다. 그 결과, 비만관련 신체조성에서 긍정적인 변화가 관찰되었으며, 흉추후만도(Kypotic Angle, KA) 및 요추전만도(Lordotic Angle, LA)가 정상치에 가깝게 이동하였다. 이것은 궁극적으로 요부통증의 척도인 VAS의 지표가 낮아지는 결과를 보여 주었다. 결국, 복부비만에 의한 비정상적인 흉추후만도, 요추전만도 및 요부통증의 개선은 본 연구에서 적용된 고강도의 운동트레이닝에 의한 신체조성의 변화가 척추만곡도와 요부통증의 개선을 유도하는 것으로 생각된다.

Abstract Overweight and abdominal obesity caused by sedentary lifestyle may induce deconditioned and atrophied extensor musculature of the lumbar spine and be a potential risk factor for low back pain (LBP). Therefore, this study was conducted to evaluate the validity of high intensity circuit training (HICT) on weight loss and subsequent alleviation of spine curvature (SC) and visual analog scale (VAS) among middle aged men with abdominal obesity. The training program (1 exercise session for 30 minutes, three times a week for 12 weeks) consisted of 12 different functional exercises based on core strengthening multiple joint circuit training. Portions of the obesity index related to body composition were positively changed, which improved the angles of thoracic kyphosis and lumbar lordosis, which appeared to effectively reduce lower back pain. Taken together, HICT specifically designed for LBP effectively decreased obesity related body composition and was superior to other treatments for decreasing aggravation of the spine curvature and LBP caused by abdominal obesity; however, weight loss should be the primary treatment target for LBP patients.

Keywords : Circuit Training, Abdominal Obesity, Spine Curvature, Low Back Pain, Visual Analog Scale, Middle Aged Men

*Corresponding Author : Jung-Hoon Kim(Dankook Univ.)

Tel: +82-41-550-3834 email: jhkim1230@dankook.ac.kr

Received February 27, 2018

Revised March 28, 2018

Accepted May 4, 2018

Published May 31, 2018

1. 서론

요부통증(Low Back Pain, LBP)은 일반적으로 하지 통증의 유무와 관계없이 늑골 아래에서 둔부의 윗부분에 국한하여 허리 부위에서 발생하는 불특정환 통증을 의미한다[1]. 이러한 병리학적 현상이 6주 이내 그리고 3개월 이상 지속되면, 각각 급성요부통증(Acute Low Back Pain, ALBP) 및 만성요부통증(Chronic Low Back Pain, CLBP)으로 정의한다[1]. LBP의 원인으로 자세히 알려진 기전은 없지만, 좌업식 업무로 인하여 올바르게 못한 자세를 장기간 유지함으로써 요추의 추간판에 무리한 하중이 전달되기 때문에 발생하는 것으로 추정된다[2]. 또한 운동부족과 좌업식 생활을 장기간 지속하게 되면서 비만으로 진행되는 경우에는 체중증가와 더불어 요추 신전근의 약화(Deconditioning) 및 위축(Atrophy)이 발생하면서 허리 기능 장애에 이르게 되는 등 합병증이 유발되는 심각한 질병에 속한다[3]. 그러므로 CLBP로 전이되기 전단계인 발병 초기 즉 ALBP 단계의 예방적 조치가 중요한 임상적 질환이다.

LBP의 예방, 처치 및 재활의 제1차적인 방법으로 기존의 총설연구 및 메타분석연구에서는 일반운동보다는 환자 특이적인 운동을 권장하고 있다[4-8]. LBP를 위한 운동요법으로 저중강도의 요부안정화운동(예 : 요가, 필라테스 및 수중운동), 체간 중심의 저항성운동(짐볼트레이닝 및 슬링) 및 유산소성운동(예: 러닝 및 사이클링) 등이 알려져 있다[1]. 예를 들어 주 1회의 75분 요가운동을 12주간 적용한 결과, 통증의 약 31% 감소와 더불어 삶의 질 향상과 일상생활의 자신감으로 이어지는 결과를 보여 주었다[9]. 요가와 유사한 종류의 필라테스를 8주간 적용한 연구에서도 실험군의 통증지수가 약 41% 감소되었다[10]. 이러한 저강도 운동의 또 다른 예인 수중 운동치료를 8주간 적용한 연구에서도 요통의 통증지수가 감소되는 결과를 보여주고 있다[11]. 저항성 운동을 32주간 적용한 최근의 연구에서도 역시 CLBP 관련 통증지수가 감소되는 긍정적인 결과를 보여주고 있다[12]. 이러한 요부안정화 운동은 관절의 유연성, 근력, 평형성, 안정성 및 전신의 컨디셔닝이 향상되는 결과를 보여주기에 CLBP 환자의 통증을 감소시킨다고 언급하고 있다[13]. 그러므로, LBP의 예방, 처치 및 재활에 효과적인 능동적 제1차 운동치료 및 운동재활의 수단으로 수중운동, 저항성운동, 요가 및 필라테스 그리고 유산소성운동

등과 같은 저중강도의 운동요법이라는 점은 전문가들 사이에서 이론이 없는 것으로 추정된다.

그러나 위에서 언급한 운동프로그램은 저중강도로 장시간 지속이 되는 단조로움으로 인하여 운동지속성(Exercise Adherence, 건강관리운동전문가에 의하여 개발된 특정 운동 처치 및 프로그램에 적극적인 협조 및 참여)가 낮게 보고되는 경우도 있었다[14-16]. 특히 가정에서 진행되는 운동프로그램일수록 운동지속성의 개선이 어려울 수 있다고 한다[14-16]. 또한 여러 가지 다양한 종류로 운동프로그램을 적용하는 경우에는 정확한 운동수행의 어려움으로 인하여 트레이너의 관리감독이 필요하며, 체력적인 단점이 있는 LBP 환자가 독립적으로 수행하기에 요가와 필라테스와 같은 운동프로그램은 학습이 어렵고 복잡하게 구성된 동작으로 인하여 운동지속성이 낮거나 혹은 운동프로그램의 잠정적중지상태(Temporary Cessation)에 있는 경우가 보고되고 있다[17]. 그러므로 LBP 환자들에게 적용된 운동프로그램의 혜택을 장기간 지속시키기 위하여 지금까지 적용된 운동프로그램과 유사한 효과성을 가지면서도 운동지속성을 개선시킬 수 있는 다양한 종류의 특이적 운동프로그램의 개발 및 적용이 필요한 실정이다.

세계적으로 2017년도 LBP의 유병율(Prevalence)은 38% 정도 증가하였는데, 특히 여성 또는 40~80세 인구(남녀)에서 이러한 현상이 두드러지게 나타났다[18]. 게다가 LBP가 발생한 인구와 연령대에서 공통적으로 과체중(체질량지수, Body Mass Index, BMI 25~29.9kg/m²) 혹은 비만(BMI >30.0kg/m²)을 가지고 있다고 보고되고 있다[19]. 이것은 복부비만에 의한 자세의 불균형으로 경추, 흉추 및 요추의 시상면상의 각도가 정상치에서 이탈되는 병리학적 현상에 의하여 척추 주위의 불균형적 구조로 약해진 복부근의 보상작용 때문에 고관절 굴곡근들이 과도하게 동원되어 고관절과 골반의 전방회전을 일으켜 요추전만증을 초래하게 만든다. 이러한 과정에서 발생하는 요추의 과전만도(Hydrolordosis)는 요통의 지표로서 이용되고 있다. 또한, 근골격계질환의 측면에서 복부비만은 요추부의 불안정화를 가져와 골반 주위의 근육이 불균형적으로 발달하게 되며, 결국 요부 근력과 근지구력의 감소로 요부안정성에 부정적인 영향을 준다[1]. 이는 곧 LBP의 원인이 될 수 있다[2]. 그러므로 복부비만에 의한 척추만곡도(Spine Curvature, SC)의 부정적인 변화가 LBP를 발생시킨 이후에도 치료가 이루어지

지 않을 경우 CLBP로 전이되기에 궁극적으로 체중감량 특히 복부비만도를 낮추는 노력이 필요하다.

LBP의 직간접적인 원인으로 좌업식 생활(업무) 그리고 신체활동 부족에 의한 비만 혹은 과체중으로 예상되고 있기에[20], 신체활동에 의한 체중감량 그리고 BMI 및 체지방 감소가 LBP의 처치를 위한 핵심적인 요인으로 파악된다[21]. 또한 기존에 적용되고 있는 LBP 운동 프로그램은 장기간 저중강도로 적용되는 특징으로 인하여 운동지속성이 낮은 단점을 개선하는 운동프로그램의 개발 및 적용이 필요한 실정이다. 그러므로 본 연구는 LBP를 소유하고 있는 복부비만 중년남성 사무직 근로자에게 기존과 다른 새로운 운동방법에 의한 체중감량 및 복부비만도의 감소가 통증지수에 미치는 영향을 관찰하고자 한다. 또한 통증지수가 감소되는 기전으로 체중감량에 의한 SC의 개선에 있다는 가설을 입증하고자 한다. 본 연구에서는 체중감량을 유도하면서 동시에 기존의 운동프로그램의 단점(예: 단조로운 저중강도 운동의 장시간 적용으로 인한 운동지속성의 감소)을 보완하는 운동요법으로 비교적 단시간에 높은 운동효과를 제공할 수 있는 고강도인터벌트레이닝(High Intensity Circuit Training, HICT)을 LBP 환자 특이적으로 변형하여 피험자들에게 적용하였다. 또한 일과 시간의 대부분을 좌업식 업무로 지내면서 운동부족으로 인한 복부비만도가 높을 가능성이 많은 중년남성을 피험자로 선택하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

이 연구에 참여한 피험자는 충남 소재 S 사업장에 근무하고 있는 복부비만 중년 남성(43.65 ± 3.57 yr, 173.08 ± 5.50 cm) 80명을 선정하였다. 연구 계획, 측정변인, 운동프로그램 및 기타 연구 관련 정보를 모두 제공한 후 자발적 연구참여에 동의한 피험자로 구성하였다. 연구대상자는 연구 기간 동안 신체활동에 지장이 없는 상태로 참여 하였다. 그리고 연구대상자의 선정기준은 복부비만도의 기준인 허리둘레대비잉덩이둘레의 비율(Waist-to-Hip Ratio, WHR)이 0.9 이상인 중년남성으로 선택하였다[22,23].

2.2 실험 설계

연구대상자 선별을 위하여 사전검사의 일환으로 신체

구성, SC 및 통증척도(Visual Analog Scale, VAS)를 측정하였다. 복부비만 중년남성에 해당되고, 면담과 VAS 측정을 통하여 LBP에 해당되지만 신체활동 참여가 가능하다고 판단되는 피험자를 선별하였다. 그리고 HICT의 효과를 검증하기 위하여 사전 및 사후검사를 동일하게 실시하였다. Canadian Society for Exercise Physiology에서 권장하는 대로 사전 및 사후검사를 위한 측정결과에 영향을 주지 않기 위하여 검사 30분 이내 용변을 실시하였으며, 검사 4시간 이내에는 음식물 섭취 금지, 검사 12시간 이전에는 운동 금지, 검사 48시간 내에는 금주, 검사 7일 전에는 이노제 섭취 금지를 실시하였다[24]. 본 연구의 사전 및 사후 검사는 사업장의 검사장내 근무하는 숙달된 전문 측정자에 의하여 실시되었으며, HICT는 전문트레이너의 관리감독 하에 진행되었다.

2.3 신체조성의 측정

신체전기저항분석법을 이용하여 비만관련 신체조성을 측정하였다. 피험자는 사업장에 위치한 실험실에 도착한 후 약 5분간 안정을 취하였다. 그리고 신체조성측정기(Inbody 720 Biospace, Korea)에 맨발로 올라 선 후 양손으로 전극판을 잡고 양팔을 벌린 후 체중(Body Weight, BW), 체질량지수(Body Mass Index, BMI), 제지방량지수(Fat Free Mass, FFM), 체지방(%Fat), 허리둘레대비잉덩이둘레(Waist-Hip Ratio, WHR) 등과 같은 비만 관련 신체조성 정보를 측정하였다.

2.4 척추만곡도(Spine Curvature, SC)의 측정

SC 검사는 3차원체형분석기(Backmapper, Germany)를 이용하여 피험자의 요추전만각(Lordotic Angle, LA), 흉추후만각(Kyphosis Angle, KA)을 측정하였다[25]. 촬영을 위하여 피험자는 상의를 탈의한 상태에서 촬영용 발판에 올라 선 후 속옷을 포함한 하의를 엉덩이뼈가 거의 보일 정도로 내리게 하였다. 그리고 분석기점을 정하기 위하여 7번 경추극돌기, 천골점, 양측 후전상장골극, 양측견갑하극의 6개 해부학적 정점에 무광 스티커를 부착하였다. 촬영시간은 0.04초 이내에 이루어졌으며, 촬영된 대상자의 등고선 분석은 3차원체형분석기에 의하여 자동적으로 이루어졌다. 즉, 척추 중앙의 오목한 면을 분석하여 대칭선을 찾아낸 기준에 의하여 6개의 해부학적인 정점을 찾아서 이를 근거로 대상자의 SC를 분석하였다. 이 연구에서 사용된 SC 측정기구의 결과는 척추각

도를 방사선 사진과 비교한 결과와 매우 높은 일치율을 보여 주었기에 신뢰도와 정확도 그리고 타당도는 매우 높은 것으로 선행연구에서 밝혀졌다[26].

2.5 통증수준검사(Visual Analog Scale, VAS)

이 연구에서 측정된 요통의 척도는 VAS를 이용하여 사전 및 사후검사의 방법으로 비교하였다. 그러므로 연구대상자의 주관적 통증의 정도를 정확하게 평가하고 처치의 결과 판정 및 비교를 위한 중요한 수단으로 VAS를 이용하였다[27]. VAS는 좌측 끝은 “0”으로 무통증을 의미하며 우측으로 이동할수록 ”10“에 가까워지면서 통증의 정도가 높아지도록 설정되었다. VAS의 측정 신뢰도는 r=.99, 측정자간 신뢰도는 r=1.00으로 신뢰도가 매우 좋은 평가방법이다[28]. 먼저 모든 피험자에게 측정표를 배포한 후 환자 본인의 통증에 해당하는 위치를 0에서 10까지의 범위에서 환자 스스로 표기하도록 하였다.

2.6 고강도서킷트레이닝(High Intensity Circuit Training, HICT) 프로그램의 적용 (Table 1)

본 연구에서 적용된 운동 프로그램은 운동지속성을 높이기 위하여 업무시간 중에 사업장 내 체련장에서 단시간 동안 실시할 수 있도록 운동시간을 30분 이내로 구성하였다. 또한 고강도로 설정되었기에, 프로그램 진입 초기에는 적응기를 두기 위하여 운동자각도(Rate of Perceived Exertion, RPE, Borg Scale 6~20)의 13~15 (Somewhat Hard~Hard) 수준에서 시작되었다[29]. 어느 정도 적응이 되었다고 피험자와 트레이너 간의 합의가 이루어진 후에는 RPE 15~17(Hard~Very Hard)의 수준을 12주까지 유지하였다. RPE는 운동 중 트레이너와 피험자간에 구두로 소통이 되었으며, 전반적으로 평균 15~17의 범위를 유지하도록 독려했다.

운동 시작 전과 후에는 각각 준비운동 5분과 정리운동 5분으로 이루어졌다. 서킷트 1회 운동시간은 약 10분으로 구성하였으며, 총 운동시간은 2회의 서킷트로 약 20분 내외로 지속되었다. 그리고 1회의 서킷트가 종료된 후 약 1분간의 휴식이 적용되었다. 트레이닝 종목은 피험자의 체중을 이용하여 운동을 실시할 수 있는 Squat, Lunge, Push-up, Jumping Jack, Burpee Test, Crunch, Reverse Crunch, Side Raise, Wide Raise, Mountain Climbing, Superman, Plank 등과 같이 총 12종목으로 구성되었다[30](Table 1). 특별한 사유가 발생하지 않는

이상 피험자는 모든 종목을 순서대로 실시하였으며, RPE 15~17을 유지하면서 최소한의 휴식과 더불어 높은 운동강도로 연속된 동작의 유지를 위하여 트레이너의 구두 독려를 지속적으로 제공받았다. 본 연구에서 적용된 HICT는 체지방 및 체지방의 지표가 개선된 결과를 보여 준 선행연구의 트레이닝 프로그램을 피험자의 체력수준과 이 연구가 진행된 체력단련장의 환경에 맞게 부분적으로 변경되어 적용되었다[31]. 운동프로그램의 빈도수 및 적용기간은 관련 총설연구에서 CLBP의 통증지수에 긍정적인 변화를 유도하도록 권장하는 주당 3회 그리고 총 12주로 설정하였다[1][32,33]. 1개 운동 종목을 수행하는 시간은 특정하지 않았지만, 1종목 당 10회 이상의 반복이 유지되도록 유도하였다. 준비운동과 정리운동 그리고 HICT에 적용된 시간은 총 30분 내외로 구성되었다. 트레이닝을 수행하기 위하여 피험자에게 가능하다면 격일제로 방문하도록 하였으며, 피험자가 사무적인 점을 감안하여 사업장 내 설치된 체력단련장에서 운동을 실시하였다. 특히 직장인의 업무 및 사생활에 방해를 주지 않도록 점심시간에 실시하였다. 그리고 1회의 운동이 장시간 지속되면 장기적인 관점에서 운동지속성이 낮아지게 이러한 문제점이 발생하지 않도록 1회 운동에 소요되는 시간을 30분 내외로 종료되도록 하였다[13-15][17]. 또한 트레이너의 관리감독 하에 트레이닝을 적용하면 운동지속성이 좋아진다는 선행연구의 권장사항대로 피험자의 1일 1회 운동이 종료될 때까지 그리고 12주간의 트레이닝 기간이 종료될 때까지 트레이너의 지속적인 관리감독 하에 운동을 수행하였다[34].

Table 1. Training regimen

Type	Duration	RPE
Dynamic stretching	5 minutes	<6
Squat	20 minutes	13~15 & 15~17
Lunge		
Push-up		
Jumping jack		
Burpee test		
Crunch		
Reverse crunch		
Side raise		
Wide raise		
Mountain climbing		
Superman		
Plank		
Static stretching	5 minutes	<6

RPE, Rate of perceived exertion

2.7 자료 처리

본 연구의 측정변인은 먼저 기술통계를 통하여 평균 및 표준편차를 산출하였다. 그리고 사전 및 사후 검사 결과의 비교검증을 위하여 대응표본 t 검증을 실시하였다. 변수들의 쌍은 이변량 정규분포를 따른다는 가정 하에 변인간의 상관관계를 관찰하기 위하여 Pearson 상관계수를 산출하였다. 통증척도인 VAS를 종속변인으로 그리고 VAS와의 상관관계가 확인된 변인을 독립변인으로 설정한 후 변인의 영향력을 판단하기 위하여 단계적입력 방식(Stepwise)으로 다중회귀분석(Multiple Linear Regression)을 실시하였다. 여기서 변수의 진입 및 제거 기준은 p value .05와 .1로 결정하였다. 본 연구에서 확인되는 통계는 SPSS 20.0을 이용하여 대응표본 t 검증, 상관관계 및 다중회귀분석을 실시하였으며, 통계학적 유의성은 $\alpha=.05$ 수준에서 결정하였다.

3. 연구 결과

이 연구는 만성적인 요부통증을 가지고 있는 복부비만 중년남성 사무직 근로자를 대상으로 서킷트레이닝에 의한 체중감량이 척추만곡도 및 통증지수에 미치는 영향을 관찰하였다. 그러므로 서킷트레이닝에 의하여 복부비만도가 해소되면 척추만곡도 교정에 의한 통증의 개선이 가능한지에 대한 처치 효과를 입증하고자 하였다. 이러한 연구 가설을 입증하기 위한 측정 결과는 다음과 같다.

3.1 HICT가 신체조성에 미치는 영향 (Table 2)

HICT를 12주간 적용한 결과, 대부분의 신체조성 관련 변인은 긍정적인 개선이 이루어졌다. 예를 들면, BW는 사전 87.26±11.86kg에서 사후 84.41±20.56kg으로 감소하였으며($p<.01$), BMI도 사전 29.08±3.42kg/m²에서 28.33±3.18kg/m²으로 유의하게 감소하였다($p<.01$). FFM는 60.88±6.64kg에서 시작하여 12주간의 트레이닝 이후에는 61.07±6.73kg으로 증가하였다($p<.05$). 비만과 복부비만의 직접적인 지표인 %Fat과 WHR은 트레이닝 이전에는 각각 29.70±5.30% 및 0.94±0.04에서 12주간의 트레이닝 이후에는 각각 27.46±5.48% 및 0.91±0.04로 감소하였다($p<.01$).

Table 2. Changes in body composition

Variables	Pre-test	Post-test
BW(kg)	87.26±11.86	84.41±20.56**
BMI(kg/m ²)	29.08±3.42	28.33±3.18**
FFM(kg)	60.88±6.64	61.07±6.73*
%Fat	29.70±5.30	27.46±5.48**
WHR	0.94±0.04	0.91±0.04**

BW, Body weight; BMI, Body mass index; FFM, Fat free ass; WHR, Waist-to-hip ratio, * $p<.05$; ** $p<.01$; Mean±SD

3.2 HICT가 척추만곡도(Spine Curvature, SC) 및 시각적통증(Visual Analog Scale, VAS)에 미치는 영향 (Table 3)

본 연구에서 관찰한 SC는 척추의 전반적인 전후만자세(Kypotic-Lordotic Posture, KLP)를 측정하였다. 즉, 상대적으로 등은 뒤로 허리는 앞으로 빠지는 정도를 측정하였다. 그 결과 Kypotic Angle(KA)과 Lordotic Angle(LA)은 사전 검사에서는 각각 51.01±3.35 및 42.64±3.44에서 12주간의 HICT를 적용한 결과 49.74±3.61 및 41.60±2.32로 유의한 변화를 이루어 냈다($p<.01$). 그러므로 등 부위가 앞으로, 그리고 허리 부위가 뒤로 이동하는 등 전후만의 정도가 감소하면서 척추의 만곡도가 개선되는 체형의 긍정적 변화가 이루어졌다. 이와 더불어 측정된 요통의 지수인 VAS에서도 트레이닝 적용 전에는 4.84±1.44이었지만, 12주간 HICT를 적용한 결과 2.72±1.47로 감소하였다($p<.01$). 그러므로, 종합적으로 자료를 검토하면, 12주간의 고강도서킷트레이닝을 적용한 결과, 인과관계로 단정할 수는 없지만, 체중감소로 인한 복부비만도의 감소가 척추만곡도에 긍정적인 변화를 유도하면서 요통도 감소하게 되는 선순환의 흐름을 보여주고 있다.

Table 3. SC and VAS data

Variables	Pre-test	Post-test
KA	51.01±3.35	49.74±3.61**
LA	42.64±3.44	41.60±2.32**
VAS	4.84±1.44	2.72±1.47**

KA, Kypotic angle; LA, Lordotic angle; VAS, Visual analog scale; * $p<.05$; ** $p<.01$; Mean±SD

3.3 주요 변인간의 교차상관관계 (Table 4)

본 연구에서 사전 사후 검사에서 측정된 변인의 변화된 정도를 계산하여 변인간의 교차상관관계를 조사하였

Table 4. Pearson correlation between variables

Variables	ΔBW	Δ%Fat	ΔFFM	ΔBMI	ΔWHR	ΔKA	ΔLA	ΔVAS
ΔBW	1	.835**	.025	.562**	.637**	.051	.539**	.306**
Δ%Fat		1	.331**	.560**	.726**	.069	.514**	.227*
ΔFFM			1	-.084	.349**	-.047	.003	.101
ΔBMI				1	.394**	.087	.371**	.164
ΔWHR					1	-.010	.384**	.284*
ΔKA						1	-.119	-.033
ΔLA							1	.374**
ΔVAS								1

Δ, Pre to post comparison; BW, Body weight; FFM, Fat free mass; WHR, Wasit-to-hip ratio; KA, Kypotic angle; LA, Lordotic angle; VAS, Visual analog scale; *p<.05; **p<.01

다. 즉, 운동에 의한 체중감량의 효과가 KA(흉추후만도)와 LA(요추전만도)에 미치는 영향을 먼저 관찰하였으며, 이러한 변화가 통증지수(VAS)에 어떠한 상관관계가 존재하는지를 조사하기 위하여, 측정변인의 사전 및 사후 검사결과의 차이(변화)간의 상관관계를 조사하였다. 그 결과 BW의 감소는 %Fat의 감소($r=.835$, $p<.01$), BMI의 감소($r=.562$, $p<.01$), WHR의 감소($r=.637$, $p<.01$)와 유의성이 있는 상관관계를 보여주고 있다. 그러므로 HICT는 먼저 BW를 감소시킴과 동시에 %Fat, BMI에 긍정적인 변화를 유도하면서 궁극적으로 WHR에 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 신체조성의 변화는 흉추후만각의 변화인 KA와 상관관계가 발견이 안되었으나, 요추전만각의 변화인 LA와는 유의성이 있는 상관관계가 발견되었다(ΔBW vs. ΔLA , $r=.539$, $p<.01$; $\Delta \%Fat$ vs. ΔLA , $r=.514$, $p<.01$; ΔBMI vs. ΔLA , $r=.371$, $p<.01$; ΔWHR vs. ΔLA , $r=.384$, $p<.01$). 그리고 기타 신체조성과 통증지수와는 상관관계가 발견이 안되었지만, 복부비만도의 변화는 통증지수의 변화와 높은 상관관계를 보여주고 있다(ΔWHR vs. ΔVAS , $r=.284$, $p<.05$). 궁극적으로 요추전만도의 변화는 통증지수와 상관관계가 높게 나타났으므로, 요추전만도를 개선시키면 통증지수도 낮아짐을 파악할 수 있다(ΔLA vs. ΔVAS , $r=.374$, $p<.01$). 그러므로, 신체조성의 긍정적인 변화는 복부비만도를 낮추고, 결국 흉추보다는 요추전만각의 개선을 이루며, 복부비만도의 변화는 결국 요부통증의 완화를 유도하는 선순환이 이루어지는 것으로 추정된다.

3.4 다중회귀분석결과

통증지수인 ΔVAS 를 종속변수로 그리고 상관관계가

발견되어 영향력이 예상되는 변인인 ΔBW , $\Delta \%Fat$, ΔWHR 및 ΔLA 를 독립변수로 선정하여 단계리력방식으로 회귀식에 포함시켰다. 그 결과 ΔLA 만이 독립변수로서 회귀식에 투입되었다. ΔLA 이 회귀식에 투입될 때 기타 다른 독립변인은 종속변수에 대한 추가적인 설명력이 낮아 회귀식에 포함되지 못하였다. 그러므로 통증지수인 VAS에 가장 중요한 영향력을 미치는 독립변수는 요추전만각으로 생각할 수 있다($p<.01$).

4. 논 의

이 연구는 LBP를 가지고 있는 복부비만 중년남성을 대상으로 HICT를 12주간 적용했을 때 신체조성 그리고 SC와 VAS에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 BW, %Fat, BMI, WHR 등에 긍정적인 변화가 이루어졌으며, 이러한 신체조성의 변화는 LA가 개선되어 VAS 역시 감소하는 결과를 보여 주었다. 그러므로, 이 연구에서 적용된 12주간의 고강도서킷트레이닝은 복부비만도를 감소시켜서 결국 척추만곡도 및 요부통증도 완화시키는 진행과정을 보여주고 있다.

LBP의 유병율은 BMI와 직접적인 관련이 있다고 추정된다[20][35]. 즉, LBP 위험요인은 과체중과 비만으로 예상되는데[19], 이러한 LBP와 BMI의 관계는 신체활동이 부족하거나 혹은 좌업식 생활자들의 비활동성과 관련성이 매우 높다[20][35]. LBP를 장기간 유지하고 있는 환자는 좌업식 생활로 인하여 고관절이 수동적인 관절가동범위를 가지고 있기에 요부주변의 근육도 위축(Atrophy)되어 있으며, 결국 주변 근육이 약화되어 있다

고 한다[36,37]. 또한 추간판 간격이 좁혀지는 현상과 더불어 요부 신전근의 근지구력이 약화되어 있는 상태이며, 결국 척추 전반적으로 전단(Shearing) 및 비틀림(Torsion)과 같은 내외부 스트레스에 매우 취약한 구조를 하고 있다[36]. 요추 신전근의 약화는 보행능력, 보행 속도에 문제가 야기시키면서, 좁혀진 추간판에 의하여 발생하는 요통과 함께 운동수행능력의 저하를 수반하게 된다[38,39].

그러므로 좌업식 생활에 의한 신체조성의 부정적인 변화는 LBP의 원인이 되거나 혹은 LBP를 악화시키기 때문에, 전문가들은 LBP의 예방 그리고 처치를 위한 방법으로 LBP의 원인인 좌업식 생활양식과 반대 방향인 신체활동을 적극적으로 권장하고 있다[1][32]. 정기적으로 신체활동에 참여할 경우 위에서 언급한 LBP를 악화시키는 진행 사이클을 무너뜨리면서 요통을 감소시키고 또한 신체적 기능의 향상이 이루어지면서 자기효능감이 증가되는 결과를 가져온다고 한다[32]. 또한 장기간의 신체활동은 에너지소비량이 증가, 체력 수준의 향상으로 LBP의 원활한 통제를 유도하며 결국 삶의 질(Quality of Life, QoL)을 높인다는 보고도 있다[11][12]. 이러한 이유로 인하여 전문가들은 LBP 환자들에게 꾸준히 신체활동을 권장하고 있으며, 많은 학자들이 LBP 특이적인 운동프로그램의 개발 및 적용에 많은 관심을 기울이고 있는 실정이다.

신체활동이 LBP에 미치는 개선효과를 매우 많은 학자들이 연구하였다. 이러한 LBP의 완화를 위한 신체활동의 공통적인 양상은 (1) 심박수를 증가시키면서 전신의 근육을 골고루 사용하게 해주는 유산소성 운동, (2) 저항 혹은 무게를 운동부하로 이용하여 근육을 동원시키는 저항성 운동, (3) 수중에서 지속적인 움직임을 통하여 근력을 강화시키는 수중운동 및 (4) 중심근육 위주의 요가 및 필라테스 등으로 분류된다[32].

먼저 LBP 환자를 유산소성 운동의 형태로 걷기 운동(40~60%HR_{Reserve})을 6개월간 지속시킨 연구에서 물리치료군과 유사하게 안정 시 LBP의 통증지수인 Oswenstry Disability Index(ODI)가 30% 정도 낮아지며 QoL을 의미하는 Health Related Quality of Life(EuroQOL)도 개선되는 결과를 보여 주었다[40]. 유산소성 운동을 요부 중심의 신전과 굴곡 동작(Trunk Extensor and Flexor)으로 구성하여 걷기운동군과 비교한 연구에서도 ODI가 약 30% 정도 개선되는 결과를 보

여 주었다[41]. 그러므로, 유산소운동의 형태로 걷기운동과 요부 중심의 동작으로 구성된 운동 프로그램은 LBP를 유사하게 개선시키는 것으로 관찰된다.

저항성 운동을 적용하여 LBP에 미치는 영향을 조사한 관련 연구는 주로 체중, Free Weight, 기구 중심으로 운동 프로그램을 구성하였는데, 다관절 및 단관절 그리고 대근육군과 소근육군에 적용하여 훈련을 시킨 결과, ODI에 미치는 효과는 유산소성 운동의 그것과 유사하게 LBP 환자에게 영향을 미치는 것으로 나타났다[12][42,43].

CLBP와 관련된 연구 중에서 가장 일반적으로 적용된 운동방법은 복근 운동을 통한 체간의 안정성을 목적으로 실시하는 복근 운동 중심의 요가 및 필라테스이다[2][44]. 예를 들면, 13가지의 서로 다른 동작을 수행하도록 한 요가연구에서 QoL, 통증지수 및 자기효능감이 개선되었으며[9], 31개의 서로 다른 요가 동작으로 구성된 프로그램을 적용한 연구에서도 VAS와 ODI의 지표가 개선되는 결과를 보여주고 있다[45]. 그러나, 지금까지 나열한 연구는 주로 자신의 체중 혹은 웨이트를 직접 이용하여 실시하는 운동이기에 초고도비만 혹은 체력 수준이 낮은 피험자들에게 적용하기가 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하는 운동이 수중운동인데, 주당 2~3회 정도의 수중운동이 LBP 환자의 통증지수에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으나, 체중과 신체조성의 개선이 어렵다는 단점으로 인하여 많은 주목을 받지 못하고 있는 실정이다[2].

지금까지 언급한 선행연구의 LBP에 영향을 미치는 신체활동은 LBP 환자들에게 보편적으로 안전하고 운동 지속 측면에서 비교적 효과적인 것으로 판단되지만, LBP 환자들에게 장기간 적용되는 저중강도의 운동에서 흔히 발견할 수 있는 부작용으로 LBP의 통증지수를 종종 악화시키는 경우가 약 9~14% 정도 발견되었다는 점이다[32]. 또한 1회 운동에 소요되는 시간도 지루하게 장기간 적용이 되는 경우도 있으며, 요가와 필라테스와 같은 운동치료는 여러 가지 복잡한 동작을 연속적으로 수행해야 하기에 트레이너의 관리감독이 지속적으로 이루어져야 되는 현상도 발견이 되었다. 예를 들면, 필라테스 혹은 요가 운동프로그램에 참여한 연구대상자의 운동 지속성은 낮게 보고되었으며, 운동을 지속하고 있더라도 매우 간헐적이거나 1주일에 3~5일 정도 잠정적 운동중지상태에 있는 경우도 발견이 되었다[9]. 걷기, 수중운동 및 저항성운동에 참여한 연구대상자의 운동지속성은

75~100%에 이르기엔 참여율 자체는 매우 높으나 운동의 강도가 저중강도로 지속되고, 1회 운동에 소요되는 시간이 많이 필요하며, LBP에 유의하게 영향을 미치기 위하여 프로그램 자체가 비교적 장기간(4~6개월) 적용되어야 되는 단점이 발견되었다[11][40][43].

기존의 선행연구에서 발견된 틈을 메우는 의미에서 본 연구에서는 현재까지 적용된 적이 없었던 RPE 15~17 수준의 고강도인터벌서킷트레이닝(HICT)(1회 약 30분, 주당 3회, 12주간 지속)을 LBP 환자들에게 적용하여 그 효과를 관찰하였다. 특히 이 연구에서 선별된 피험자는 WHR을 기준으로 0.9 이상의 복부비만환자를 대상으로 하였다. 그러므로 1차적으로 단시간에 고강도로 이루어지는 HICT가 체중감량을 통한 신체조성의 변화를 유도하는지 관찰하였으며, 만약 신체조성에 긍정적인 변화가 발생할 경우에 추가적으로 흉추후만과 요추전만의 각도 그리고 요부통증지수에 영향을 미치는지에 대한 여부를 판단하였다.

먼저 본 연구의 피험자인 복부비만을 가진 중년남성에게 체중감량을 성공적으로 유도할 수 있는 서킷트레이닝(Circuit Training, CT)의 개발 및 적용이 중요한 관건이었다. 그러나 CT를 적용한 선행연구에서 CT는 신체조성을 유의하게 변화시킨다는 것이 관찰되었다[31][46-48]. 그러므로 본 연구에서도 선행연구의 프로그램을 복부비만을 가지고 있는 중년남성이 충분히 적용할 수 있도록 운동프로그램을 변형하여 12주간 적용시킨 결과 선행연구의 결과와 유사하게 BW, FFM, %Fat, BMI, WHR 등과 같이 신체조성에서 긍정적인 개선이 이루어졌다. 즉, 기존의 선행연구와 유사하게 비교적 짧은 운동시간에 많은 효과를 보기 위하여 RPE 15~17까지 운동강도를 높였다[31]. 그리고 1회의 HICT를 위한 운동시간만 총 20분 정도 지속시켰다[31]. 그 결과 통계학적으로 유의하게 비만과 관련된 본 연구의 신체조성관련 변인의 변화를 유도하였다. 그러나, 사전 사후 비교에서 WHR가 유의하게 감소하였음에도 불구하고 12주가 종료된 이후에도 WHR의 정상 기준인 0.9 미만으로 감소되지는 않았다. 연구대상자의 체력수준으로는 RPE 15~17보다 높이기 어려운 현실을 감안한다면, 복부비만인 연구대상자의 WHR을 정상인의 수준인 0.9 미만으로 낮추기 위해서는 12주를 초과한 HICT를 적용시키거나, 혹은 주기화 트레이닝에 의하여 별도로 식이요법이 포함된 체중감량프로그램과 서킷 트레이닝 주기를 별도로

적용해야 된다는 점을 의미할 수도 있다[49]. 그러나 CT의 체중 감량 효과가 항상 이루어진 것은 아니기에[50], 이 연구에서 적용된 HICT는 복부비만 환자에게 비만관련 신체조성의 긍정적인 변화를 유도하였다는 점은 임상적으로 매우 중요한 의미를 지닌다.

이 연구에서 적용된 HICT에 의하여 비만과 관련된 변인인 BW, %Fat, BMI, WHR가 감소된 것은 체중에 의하여 요추부위에 하중이 동반되어 감소되었다는 의미가 된다(비만관련 신체조성의 변화 vs. ΔLA , $p < .01$). 일반적인 LBP 환자는 요추부위의 신전근(예: 척추기립근)의 근력 저하, 근위축 그리고 추간관 협착 증세가 발견되는데[2,3], 이 연구에서 HICT에 의하여 전체적인 체지방의 감소 특히 WHR 자료가 보여주듯이 복부지방의 감소가 이루어진 만큼 요추 부위에 전달되는 하중에 의한 부담(통증)도 감소되었다는 것을 의미할 수도 있다(ΔWHR vs. ΔVAS , $p < .05$; ΔLA vs. ΔVAS , $p < .01$). 이것은 Backmapper에 의하여 측정된 흉추후만(Kyphosis)과 요추전만(Lordosis)의 각도인 KA 그리고 LA가 정상치에 근접하고 있으며, 사전 사후의 차이가 통계학적인 유의성에 도달했다는 사실은 체중감량 특히 복부비만도의 감소로 전체적인 척추의 만곡도가 정상치에 가깝게 이동하고 있다는 점을 간접적으로 증명해주고 있다. 또한 HICT에 포함된 요추 안정화 운동 종목 혹은 체간 중심의 근력 운동 종목에 의하여 요추 부위의 신전근이 강화된 상태가 될 수 있으므로, 요추 부위의 신전근의 근력 강화 및 신전근 위축 증상에 의한 근기능의 감소가 완화된 상태가 되었음을 추론할 수 있기 때문에, 그 만큼 상체를 지탱해주는 요추의 기능과 관련 근골격계의 기능이 개선되었음을 뜻한다[32][51,52]. 그러므로 HICT에 의하여 이러한 긍정적인 선순환의 과정이 LBP의 병리학적 증상인 척추만곡도를 완화시키면서 VAS에 의하여 관찰된 통증지수도 감소시키는 것으로 추측된다. 이러한 논리의 전체를 직접적으로 증명하기 위하여 후속연구에서는 HICT에 의하여 요추 신전근의 근기능(예: 근력, 근전도 및 관절가동범위)를 직접 측정하는 것이 필요하다.

본 연구에서 VAS와 상관관계가 발견된 변인을 독립변인으로 설정한 후 단계입력방식으로 진행된 다중회귀분석을 실시한 결과, 종속변수인 VAS를 예측할 수 유일한 예측변수는 요추전만각의 변화인 ΔLA 로 나타났다($p < .01$). 그러므로 요통지수에 가장 영향력을 많이 미치는 요인으로 요추전만각을 생각할 수 있으므로, 요통을

가진 환자에게 먼저 요추전만각의 정상치가 중요한 것으로 판단된다. 그러나, 이러한 요추전만각의 변화는 일단 운동에 의한 체중감량 즉, 복부비만도의 감소가 선행되어야 가능한 것으로 판단된다. 비록 요추전만각의 변화만이 다중회귀분석결과 가장 중요한 예측변수로 유의한 결과를 도출하였지만, 상관관계에 근거하여 운동에 의한 신체조성의 변화에 근거한 요추전만각의 변화가 요통에 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

지금까지의 결과를 근거로, 복부비만 중년남성 사무직 근로자의 좌업식 업무와 생활로 인한 신체활동의 부족과 이로 인한 복부비만 및 LBP와 같은 근골격계질환을 개선하기 위하여 필요한 실천적 시사점을 제언한다면, HICT와 같이 1회 운동에 소요되는 짧은 운동시간과 강도 높은 트레이닝 프로그램을 지속적으로 장기간 적용하여 사무직 근로자의 사업장 내 정기적인 프로그램으로 유지하는 것이 삶의 질을 높이고 업무생산력을 증대하는 방법이라고 생각된다. 특히 이 연구에서 적용된 고강도(RPE 15~17)의 운동요법은 비만과 관련된 신체조성의 개선과 함께 흉추와 요추의 만곡도에 긍정적인 변화를 유도함으로써 요부통증도 완화되는 효과를 보여 주었다. 따라서 이 연구에서 적용된 치료적 운동은 복부비만 사무직 중년남성 근로자의 비만관리 및 척추형태의 교정 및 요부통증과 같은 근골격계질환에 유용한 능동적 요법으로 적용될 수 있다고 생각된다. 그러나, 이 연구에서 적용된 12주간의 트레이닝 기간은 복부비만도의 기준으로 활용된 WHR을 정상인의 기준인 0.9 미만으로 낮추지 못하였는데, 이것은 보다 다양한 접근방법 즉 식이요법 및 주기화 트레이닝 등과 같은 복합적이고 포괄적인 관리가 필요한 것으로 생각된다.

5. 요약 및 결론

이 연구는 사무직 복부비만 중년남성을 대상으로 12주간의 고강도서킵트레이닝에 의한 신체조성의 변화가 척추만곡도 및 통증척도에 미치는 영향을 조사하는 것을 연구의 목적으로 설정하였다. 그 결과, 고강도서킵트레이닝 프로그램은 복부비만 중년남성 사무직 근로자의 체중, 체지방, 체질량지수 및 허리둘레대비영덩이 둘레를 유의하게 감소시켰으며, 이러한 신체조성의 변화는 흉추후만 및 요추전만의 정도를 완화시킨 결과 요부통증을 개선시키는 효과를 보여 주었다. 그러므로 이 연

구에서 적용된 체중감량을 위한 요부안정화 중심의 서킵트레이닝은 척추형태의 교정을 통하여 근골격계질환의 예방과 처치에 효과적인 것으로 판단된다. 그러므로, 통증의 원인이 추간판의 임상적 문제가 아닌 이상, 요부통증은 본 연구에서 적용된 서킵트레이닝과 같은 고강도의 신체활동에 의해서도 예방 및 완화가 가능한 것으로 추정된다.

References

- [1] van Middelkoop, M., et al. "Exercise therapy for chronic nonspecific low-back pain." *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 24(2): 193-204, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2010.01.002>
- [2] Sumchai, A. P. "Chronic Low Back Pain - The Exercise Prescription." *Novel Physiotherapies* 5(1), 2014.
- [3] Bauer UE, Briss PA, Goodman RA, Bowman BA. Prevention of chronic disease in the 21st century: Elimination of the leading preventable causes of premature death and disability in the USA. *Lancet* 384:45-52. 2014. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60648-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60648-6)
- [4] Airaksinen O, Brox J, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klüber-Moffett J, et al. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J* 15 Suppl 2: S192-300, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-006-1072-1>
- [5] Andersson GB Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet* 354: 581-585, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)01312-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)01312-4)
- [6] Farina D, Gazzoni M, Merletti R Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis: methodological aspects. *J Electromyogr Kinesiol* 13: 319-332, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00040-3)
- [7] Marshall PW, Murphy BA Evaluation of functional and neuromuscular changes after exercise rehabilitation for low back pain using a Swiss ball: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther* 29: 550-560, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.06.025>
- [8] Sumchai AP Back Strengthening for Operational Fitness. Proposal submitted with Back to Sports to San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA) RFP for Back Strength Wellness Program Services, 2009.
- [9] Cox H, Tilbrook H, Aplin J, et al. A randomised controlled trial of yoga for the treatment of chronic low back pain: Results of a pilot study, *Complement Ther Clin Pract* 16:187-193, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2010.05.007>
- [10] Marshall PW, Kennedy S, Brooks C, Lonsdale C. Pilates exercise or stationary cycling for chronic nonspecific low back pain: Does it matter? A randomized controlled trial with 6-month follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 38:E952-E959, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318297c1e5>

- [11] Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernandez M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2-3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain. A non-randomized comparison trial. *Pain Med* 14: 145-158, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1111/pme.12002>
- [12] Vincent HK, Vincent KR, Seay AN, Conrad BP, Hurley RW, George SZ. Back strength predicts walking improvement in obese, older adults with chronic low back pain. *PM R* 6:418-426, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.11.002>
- [13] Becker, M.H., Patient adherence to prescribed therapies. *Med. Care* 23, 539e555, 1985.
- [14] Burke, J.W., Mcneill, M.D.J., Charles, D.K., et al., Optimising engagement strategies for stroke rehabilitation using serious games. *Vis. Comput.* 25, 1085e1099, 2009.
- [15] Duncan, P.W., Horner, R.D., Reker, D.M., et al., Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke* 33, 167e177, 2002.
- [16] Meichenbaum, D., Turk, D., Facilitating Treatment Adherence: a Practitioner's Guidebook. Plenum Press, New York, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-5359-1>
- [17] Escolar-Reina, P., Medina-Mirapeix, F., Gascon-Canovas, J.J., et al., How do care-provider and home exercise program characteristics affect patient adherence in chronic neck and back pain: a qualitative study. *BioMed Central Health Serv. Res.* 10, 60, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-60>
- [18] Manchikanti L, Singh V, Falco FJ, Benyamin RM, Hirsch JA. Epidemiology of low back pain in adults. *Neuromodulation* 17(Suppl 2):3-10, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ner.12018>
- [19] Heuch I, Heuch I, Hagen K, Zwart JA. A comparison of anthropometric measures for assessing the association between body size and risk of chronic low back pain: *The HUNT Study*. *PLoS One* 10:e0141268, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141268>
- [20] Smuck M, Kao MC, Brar N, Martinez-Ith A, Choi J, Tomkins-Lane CC. Does physical activity influence the relationship between low back pain and obesity? *Spine J* 14:209-216, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.11.010>
- [21] Durstire L, Moore GE ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities. (2nd edn), Human Kinetics, New York, United States, 2003.
- [22] Bigaard, J., Frederiksen, K., Tjønneland, A., Thomsen, B. L., Overvad, K., Heitmann, B. L., & Sørensen, T.I.A. Waist and hip circumferences and all-cause mortality: Usefulness of the waist-to-hip ratio? *International Journal of Obesity and Related Disorders*, 28(6), 741-747, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802635>
- [23] Hajar, N., Brar, S., Chowdhury, N., & Ali, S. Waist HIP Ratio (WHR) vs Body Mass Index (BMI) to Assess Relationship Between Obesity and GERD. *Gastroenterology* (New York, N.Y. 1943), 140(5), S-S-249, 2011.
- [24] Canadian Physical Activity, Fitness & LifeStyle Approach (CPAFLA): CSEP-Health & Fitness Program's Health-Related Appraisal and Counselling Strategy, Canadian Society for Exercise Physiology and Health Canada, Ottawa, Canada, 3rd edition, 2003.
- [25] Cho, M. Effects of running in place accompanied by abdominal drawing-in on the posture of healthy adults. *Journal of physical therapy science*, 27(5), 1613-1616, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1613>
- [26] Drerup, B., & Hierholzer, E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 9(1), 28, 1994.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(94\)90055-8](https://doi.org/10.1016/0268-0033(94)90055-8)
- [27] Williams, K., Abildso, C., Steinberg, L., & Doyle, E. Evaluation of the effectiveness and efficacy of Iyengar yoga therapy on chronic low back pain. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)*, 34(19), 2066-2076, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b315cc>
- [28] Wagner, D. R., Tatsugawa, K., Parker, D., & Young, T. A. Reliability And Utility of A Visual Analog Scale for The Assessment of Acute Mountain Sickness. *High Altitude Medicine & Biology*, 8(1), 27-31, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1089/ham.2006.0814>
- [29] G. A. V. Borg, "Psychophysical bases of perceived exertion," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 14, no. 5, pp. 377-381, 1982.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- [30] T. Baechle and R. Earle, Essentials of Strength Training and Conditioning, National Strength and Conditioning Association, Champaign, Ill, USA, 2000.
- [31] Miller, M. B., et al. "The Effect of a Short-Term High-Intensity Circuit Training Program on Work Capacity, Body Composition, and Blood Profiles in Sedentary Obese Men: A Pilot Study." *BioMed Research International* 2014: 10, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/191797>
- [32] Wasser, J. G., Vasilopoulos, T., Zdziarski, L. A., & Vincent, H. K. Exercise Benefits for Chronic Low Back Pain in Overweight and Obese Individuals. *PM&R*, 9(2), 181-192, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.06.019>
- [33] Henchoz, Y., & Kai-Lik So, A. Exercise and nonspecific low back pain: A literature review. *Joint Bone Spine*, 75(5), 533-539, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2008.03.003>
- [34] Palazzo, C., Klinger, E., Dörner, V., Kadri, A., Thierry, O., Boumenir, Y., . . . Ville, I. Barriers to home-based exercise program adherence with chronic low back pain: Patient expectations regarding new technologies. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59(2), 107-113, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.01.009>
- [35] Urquhart DM, Berry P, Wluka AE, et al. Young Investigator Award winner: Increased fat mass is associated with high levels of low back pain intensity and disability. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011; 36:1320-1325, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181f9fb66>
- [36] Roach KE, Budiman-Mak E, Songsiridej N, Lertratanakul Y. Development of a shoulder pain and disability index. *Arthritis Care Res* 4:143-149, 1991.

- DOI: <https://doi.org/10.1002/art.1790040403>
- [37] Steele J, Bruce-Low S, Smith D. A reappraisal of the deconditioning hypothesis in low back pain: Review of evidence from a triumvi- rate of research methods on specific lumbar extensor deconditioning. *Curr Med Res Opin* 30:865-911, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1185/03007995.2013.875465>
- [38] Simmonds MJ, Lee CE, Etnyre BR, Morris GS. The influence of pain distribution on walking velocity and horizontal ground reaction forces in patients with low back pain. *Pain Res Treat* 2012; 214980, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/214980>
- [39] Brox JI, Storheim K, Holm I, Friis A, Reikera's O. Disability, pain, psychological factors and physical performance in healthy con- trols, patients with sub-acute and chronic low back pain: A case control study. *J Rehabil Med* 37:95-99, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1080/16501970410017738>
- [40] Hurley DA, Tully MA, Lonsdale C, et al. Supervised Walking in Comparison with Fitness Training for Chronic Back Pain in Physio- therapy: Results of the SWIFT single-blinded randomized controlled trial (ISRCTN17592092). *Pain* 156:131-147, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pain.0000000000000013>
- [41] Shnayderman I, Katz-Leurer M. An aerobic walking programme versus muscle strengthening programme for chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 27: 207-214, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215512453353>
- [42] Kell RT, Asmundson GJ. A comparison of two forms of periodized exercise rehabilitation programs in the management of chronic nonspecific low-back pain. *J Strength Cond Res* 23:513-523.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181918a6e>
- [43] Vincent HK, George SZ, Seay AN, Vincent KR, Hurley RW. Resistance exercise, disability, and pain catastrophizing in obese adults with back pain. *Med Sci Sports Exerc* 46:1693-1701, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000294>
- [44] Herman E, May S Ellie Herman's Pilates Reformer. (2nd edn), Ellie Herman Books, San Francisco, United States, 2007.
- [45] Williams K, Abildso C, Steinberg L, et al. Evaluation of the effectiveness and efficacy of Iyengar yoga therapy on chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:2066-2076, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b315cc>
- [46] Bocalini, D. S., Lima, L. S., de Andrade, S., Madureira, A., Rica, R. L., dos Santos, R. N., Pontes, F. L. Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 551-556, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.2147/CLIA.S33893>
- [47] Jackson, J. K., Shepherd, T. R., & Kell, R. T. The Influence of Periodized Resistance Training on Recreationally Active Males with Chronic Nonspecific Low Back Pain. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 242-251, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2c83d>
- [48] Lehnert, M., Stastny, P., Sigmund, M., Xaverova, Z., Hubnerova, B., & Kostrzewa, M. . The effect of combined machine and body weight circuit training for women on muscle strength and body composition. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(3), 561-568, 2015.
- [49] Jackson, J. K., Shepherd, T. R., & Kell, R. T. The Influence of Periodized Resistance Training on Recreationally Active Males with Chronic Nonspecific Low Back Pain. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 242-251, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2c83d>
- [50] Garcia JMS, Sánchez EDLC, García ADS, González YE, Piles ST. Influence of a circuit-training programme on health-related fitness and quality of life in sedentary women above 70 years old. *Fit Perf*. 2007;6(1):14 - 19.
DOI: <https://doi.org/10.1097/fpj.6.1.14.e>
- [51] van Tulder, M., Malmivaara, A., Esmail, R., & Koes, B. Exercise Therapy for Low Back Pain. *Spine (Philadelphia, Pa. 1976)*, 25(21), 2784-2796, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-200011010-00011>
- [52] Weiner, S. S., & Nordin, M. Prevention and management of chronic back pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 24(2), 267-27, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2009.12.001>

김 채 원(Chae-Won Kim)

[정회원]



- 2014년 3월 ~ 2018년 2월 : 단국대학교 스포츠의학과 (체육학 석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 삼성디스플레이 OLED 사업부 근골격계질환 예방센터 팀장

<관심분야>
임상재활

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

[정회원]



- 2005년 1월 ~ 2011년 2월 : 체육과학 연구원, 연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 조교수

<관심분야>
운동생리학