

The Effect of Hip Flexor Flexibility on Performing the Conventional Deadlift

엉덩관절 굽힘근 유연성이 컨벤셔널 데드리프트 동작 수행에 미치는 영향

Young Sung Ji¹, Sukhoon Yoon²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, South Korea

²Department of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 17 August 2020

Revised : 25 September 2020

Accepted : 28 September 2020

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of flexibility of hip flexor muscles on a conventional deadlift movement.

Method: Eighteen healthy male were participated in this study and were divided into normal group (NG: age: 24.0±1.8 yrs, height: 174.5±2.37 cm, body mass: 74.4±5.5 kg, 1RM: 138.0±23.8 kg) and restricted group (RG: age: 24.6±1.7 yrs, height: 171.5±5.3 cm, body mass: 74.0±5.7 kg, 1RM: 137.5±18.3 kg) by Thomas test, which measure flexibility of hip flexor muscles. A 3-dimensional motion analysis with 8 infrared cameras and 3 channels of EMG was performed in this study. A two-way ANOVA (group × load) with repeated measure was used for statistical verification. The significant level was set at $\alpha=.05$.

Results: RG revealed significantly increased muscle activation in erector spinae on 70% and 90% of 1RM and decreased muscle activation in gluteus maximus on 90% of 1RM compared to NG ($p<.05$). For the muscle activation ratio for agonist to synergist, erector spinae showed the difference in 90% of 1RM while hamstring was observed differences in all loads ($p<.05$).

Conclusion: Our results indicated that hip flexibility affects conventional deadlift movement. Therefore, it is necessary to assess the flexibility of the hip flexor muscles before performing the movement and, as needed, to train to address the lack of flexibility.

Keywords: Deadlift, Weight training, Hip flexor, Biomechanics

Corresponding Author

Sukhoon Yoon

Department of Community Sport, Korea National Sport University, 1239 Yangjae, Songpa-gu, Seoul, 05541, South Korea
Tel : +82-2-410-6850
Fax : +82-2-410-6952
Email : sxy134@knsu.ac.kr

INTRODUCTION

최근 자신의 건강을 유지하고 체력을 단련시키기 위해 많은 사람들이 다양한 생활체육에 참여하고 있다(Ministry of Culture, Sports and Tourism, 2017). 그 중 웨이트 트레이닝(weight training)은 모든 연령층에서 쉽게 접근할 수 있는 장점을 가지고 있어 많은 사람들이 즐겨하는 운동이며(Jones, Christensen & Young, 2000), 규칙적인 웨이트 트레이닝은 성인병을 예방하고 신체 조성 및 근골격계 발달에 도움을 준다고 널리 알려져 있다(Westcott, 2012). 또한 전문적인 웨이트 트레이닝은 다양

한 스포츠 종목선수들의 퍼포먼스 향상을 위한 근력, 순발력, 민첩성, 균형성, 협응성 등 근 기능의 발달과 더불어 근골격계 부상을 예방할 수 있다고 보고되고 있다(Thompson et al., 2015).

스쿼트(squat), 벤치 프레스(bench press)와 함께 가장 대표적인 웨이트 트레이닝 종목인 데드리프트(deadlift)는 일상생활에서 쉽게 나타나는 앉고 서기, 밀기, 들기와 같은 움직임을 기초로 하는 운동으로서 전신의 근육들을 자극하며 근력을 효과적으로 발달시킬 수 있기 때문에 일반인부터 전문 운동선수의 근력 향상 및 컨디셔닝을 위한 운동 프로그램에 필수로 포함되는 운동이다(Bird & Barrington-Higgs, 2010; Edington et al.,

2018). 또한 이 운동은 지면과 발이 접촉해 있는 상태로 동작이 일어나는 닫힌 사슬 운동이다(Palmitier, An, Scott & Chao, 1991). 따라서 이 동작은 효율적으로 무릎 주변 근육의 근력 및 협응력을 증가시켜 무릎관절의 동적 안정성을 향상시키기 때문에 전방십자인대 부상의 예방 및 재건술 후 재활 운동으로도 많이 사용된다(Escamilla et al., 2000; Yack, Collins & Whieldon, 1993). 더불어 만성적인 허리통증을 지닌 환자의 경우, 효율적인 프로그램을 통해 수행되는 데드리프트는 하지 및 몸통 근육들의 근력을 향상시켜 통증 강도와 불안정성 감소에 도움이 된다고도 알려져 있다(Aasa, Berglund, Michaelson & Aasa, 2015; Holmberg, Crantz & Michaelson, 2012).

데드리프트는 움직임 형태에 따라 다양한 세부 명칭으로 나누어 질 수 있으며 이 중 일반인들이 가장 많이 사용하는 컨벤셔널 데드리프트(Conventional deadlift)는 양 발의 간격을 어깨 넓이로 유지하고 양 팔이 다리 바깥으로 지나가며 바벨을 잡는 자세로 시작한다. 이때 바벨이 몸 앞에 위치하며 몸통이 전방으로 많이 기울기 때문에 엉덩관절 펌 근육이 동작의 주동근이 되며 다른 데드리프트에 비하여 엉덩관절의 가동범위가 큰 특징을 가지고 있다. 그러나 동작 수행 시 L4/L5 등 요추관절(lumbar vertebrae)에서 굽힘 모멘트와 전단력이 크게 발생하기 때문에 허리뼈를 안정적으로 지지하는 것 또한 부상방지를 위하여 매우 중요하다고 보고되고 있다(Cholewicki, McGill & Norman, 1991; Haff & Triplett, 2015). 선행연구에 의하면 컨벤셔널 데드리프트 시 척추의 과도한 굽힘은 척추세움근의 활성을 낮추고 후방인대 및 결합조직의 파열과 추간판 탈출을 유발할 수 있다고 보고되고 있으며(Cholewicki & McGill, 1992; Fortin & Falco, 1997; Snyder, Cauthen & Senger, 2017), 지속적으로 과도한 펌 동작이 이뤄질 경우 척추(vertebra)의 후관절(facet joint) 및 주변 신경로의 손상 및 허혈성 통증을 유발할 수 있다고 보고하고 있다(Kendall, McCreary, Provance, Rodgers & Romani, 2005; Rippetoe & Kilgore, 2007). 따라서 컨벤셔널 데드리프트 동작의 수행은 근력 향상에 큰 도움을 주지만 잘못된 동작으로 수행하게 되면 부상 위험이 있을 수 있다(Kang & Shin, 2017; Huh, Shon & Huh, 2015). 특히 정확한 동작을 수행하는데 있어 균형적인 근육의 사용은 매우 중요한 요소인데, 근육불균형 상태에서의 동작 수행은 근육의 기능장애와 움직임 패턴의 변화를 유발하고 통증과 부상의 원인이 될 수 있다고 보고되고 있다(Frank, Page & Lardner, 2009; Osar, 2012; Sahrman, 2002).

근육불균형은 장시간 한 자세를 지속하거나 한 동작을 반복하면서 발생하게 되는데, 이것은 근육의 길이변화와 함께 각 근육의 근육원섬유마디(sarcomere)의 수를 증가시키거나 감소시키는 원인이 된다고 알려져 있다(Sahrman, 2002). 더불어 이러한 근육불균형은 근육의 길이-장력 관계(length-tension relationship)에 따라 주동근 근력의 변화를 유발하고 길항근과

협력근의 상호작용을 변화시켜 근육의 정상적인 기능과 움직임을 제한하는 결과를 초래한다고 보고되고 있다(Myers, 2001; Neumann, 2010). 현대인들의 주된 생활 패턴이 된 장시간 좌식생활은 엉덩관절 굽힘근(hip flexor)의 근섬유 길이를 짧아진 상태로 지속시켜 유연성에 제한이 줄 수 있으며(Kendall et al., 2005; Myers, 2001), 이것은 엉덩관절의 펌 동작을 제한하고 주동근인 큰볼기근의 신장성 약화를 유발하여 엉덩관절 펌의 가동성을 감소시킬 수 있다. 또한 엉덩관절 굽힘 근육들의 단축(tightness) 형태는 일상생활에서 척추세움근 및 뒤넙다리근의 보상작용에 의한 골반의 기울임을 유발하기 때문에 척추의 안정성에 영향을 미친다고 보고되고 있다(Cook, 2010; Osar, 2012). 보건복지부 발표에 의하면 대한민국 성인이 하루에 앉아서 보내는 시간은 8시간 이상으로(Ministry of Health and Welfare, 2017), 일상생활 대부분의 시간을 앉은 자세로 활동하기 때문에 많은 사람들이 엉덩관절 굽힘근이 단축되어 있다고 예측할 수 있다. 따라서 건강의 유지를 위하여 수행하는 컨벤셔널 데드리프트가 엉덩관절 굽힘근이 단축된 상태에서 수행하게 된다면 엉덩관절 펌 동작의 제한과 더불어 주동근인 큰볼기근의 신장성 약화와 척추세움근 및 뒤넙다리근의 보상작용을 유발시킬 수 있으며, 이러한 결과는 컨벤셔널 데드리프트 시 중요한 엉덩관절 펌의 가동성과 허리뼈의 안정성을 감소시켜 정확한 동작의 수행을 어렵게 하며 상해의 위험을 증가시킬 것으로 생각된다.

지금까지 많은 연구자들이 다양한 목적을 가지고 데드리프트에 대한 연구를 수행하였다. 그들은 운동선수들의 경기력 향상(Thompson et al., 2015; Wang et al., 2016), 무릎 및 허리 질환자들에 대한 재활 및 예방의 효과(Aasa et al., 2015; Holmberg et al., 2012; Yack et al., 1993), 데드리프트 자세에 따른 동작 차이(Carbe & Lind, 2014), 바벨의 형태(Swinton, Stewart, Agouris, Keogh & Lloyd, 2011), 중량의 변화에 따른 영향(Escamilla et al., 2000) 지지하는 바닥의 특성에 따른 동작 차이(Chulvi-Medrano et al., 2010)를 목적으로 하여 연구를 수행하였다. 선행 연구자들은 그들의 연구결과를 토대로 데드리프트 동작 수행 시 나타날 수 있는 부상의 위험성에 대하여 주의 정도만 제시만 하였을 뿐 부상을 유발하는 움직임의 원인에 대한 연구를 수행하지는 못하였다. 또한 Mills 등 (2015)은 엉덩관절 굽힘근의 유연성 제한이 스쿼트 동작의 신장성 수축 구간에서 하지의 근활성 및 동작에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였지만, 스쿼트의 하강 구간에 한정지어 수행되었으며 중량이 없는 과제를 수행하여 자신의 체력의 향상을 위해 수행되는 현실적인 근력강화훈련에 적용하기에는 무리가 있는 상황이다. 따라서 데드리프트 동작 수행 시 부상을 유발하는 움직임의 원인에 대한 연구가 필요한 실정이다. 그러므로 본 연구의 목적은 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 중량의 변화에 따른 컨벤셔널 데드리프트 동작에 미치는 영향을 파악하여 부상의 위험을 줄이고

운동의 효과를 증가시킬 수 있는 트레이닝에 대한 근거를 제공하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구에서는 6개월 이상 지속적으로 웨이트 트레이닝 훈련을 하며 최근 6개월 간 근골격계의 질환이 없는 건강한 20대 남성 18명이 연구대상자로 참여하였다. 연구대상자 18명은 연구시작 전 Thomas Test를 실시하여 엉덩관절 굽힘근의 유연성을 측정하고 엉덩관절 펴기 10° 이상 가능한 정상적인 유연성을 가진 10명(NG: 나이: 24.0±1.8 yrs, 신장: 174.5±2.37 cm, 몸무게: 74.4±5.5 kg, 1RM: 138.0±23.8 kg)과 엉덩관절 펴기 0° 미만으로 나타나는 제한적인 유연성을 가진 8명(RG: 나이: 24.6±1.7 yrs, 신장: 171.5±5.3 cm, 몸무게: 74.0±5.7 kg, 1RM: 137.5±18.3 kg)으로 나누어 졌다(Kendall et al., 2005). 본 연구는 연구자의 대학교 생명윤리위원회의 승인 후 수행되었으며 대상자는 연구에 대한 충분한 설명과 함께 동의서를 작성한 후 실험에 참여하였다.

2. 자료수집

실험 일주일 전 연구대상들의 컨벤셔널 데드리프트 1-RM을 측정하였으며 측정방법은 NSCA에서 제시한 방법을 사용하였다(Haff & Triplett, 2015). 실험 당일 컨벤셔널 데드리프트 동작을 분석하기 위하여 8대의 적외선카메라와 3채널 근전도장비를 사용한 3차원 동작분석이 수행되었으며 이때 자료취득율은 각각 100 Hz와 1,000 Hz로 설정하였다. 8대의 카메라는 기계적 시간 동조를 이루며 촬영하였으며, 영상데이터와 EMG 데이터는 Qualisys Track Manager (Qualisys, Sweden, [QTM])를 사용하여 시간적 동조를 이루며 수집되었다.

실험 전 근육활성도의 표준화를 위하여 최대 자발적 수의적 수축(maximum voluntary isometric contraction [MVIC])을 측정하였으며 측정의 오류를 줄이기 위하여 피부 표면의 털을 제거하고 알코올로 닦아 소독 후에 주동측의 큰볼기근, 척추세움근, 뒤넙다리근에 표면전극을 부착하였다. MVIC 측정 시, 신체를 고정하고 대상자가 최대 근력을 발휘할 수 있는 자세로 진행하였으며, 측정 후에는 충분한 휴식이 제공되었다. 데드리프트 동작이 행하여 지는 장소는 NLT (non-linear transformation)을 사용하여 전역좌표 설정을 위한 공간좌표(x 축: 좌/우, y 축: 전/후, z 축: 상/하)를 설정하였다.

동작 중 신체의 분절을 규명하기 위하여 총 29개의 반사마커 및 클러스터(shoulder acromion, Iliac, sacrum, anterior superior iliac spine, posterior superior iliac spine, greater tro-

chanter, medial/lateral epicondyle of femur, medial/lateral malleolus, calcaneus, head of 1st, 5th metatarsal, 2nd toe, both ends of barbell, clusters on thigh and shank)가 대상자의 몸에 부착되었다.

각 연구대상자들에게 가벼운 무게의 컨벤셔널 데드리프트로 충분한 준비 운동이 제공되었고 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 촬영한 후, 동작 수행에 영향을 최소화하기 위하여 무릎과 발목의 안쪽 반사마커를 제거하였다. 이 후 웨이트 트레이닝의 저, 중, 고강도 별 무게인 1-RM의 50%, 70%, 90% 무게로 각 3회씩 컨벤셔널 데드리프트를 진행하였다(Baechle & Earle, 2008). 각 세트 간 5분 이내의 충분한 휴식시간을 주어 근 피로를 최소화하였으며, 악력의 피로로 인한 동작 제한이 없도록 모든 세트에서 손목 스트랩을 착용하였다. 컨벤셔널 데드리프트를 반복할 때에는 바벨을 내려놓고 완전히 정지하였을 때 다시 들어 올리도록 하였으며, 보조자의 통제 하에 진행하여 일관성 있는 동작을 할 수 있도록 하였다.

3. 자료처리 및 분석

취득한 위치좌표 원자료는 운동학적 변인 산출 시 발생하는 random error를 줄이기 위하여 차단주파수 6 Hz인 2차 저역 통과 필터를 사용하여 필터링 하였으며, 반대 방향에서 한 번 더 수행하여 phase lag을 방지하는 동시에 필터의 효과를 4차로 하였다. 또한 EMG 자료의 경우 대역 통과 필터 20~450 Hz로 처리하였으며, 다시 RMS (root mean square)를 통하여 변환된 값을 사용하였다.

컨벤셔널 데드리프트 동작은 3개의 이벤트와 2개의 국면을 설정하여 분석하였다. 바벨의 양 끝에 반사마커를 부착하고, 바벨이 바닥에서 떨어졌을 때의 시점을 Event 1 (Lift off), 바벨이 무릎 높이보다 높아지는 시점을 Event 2 (Knee pass), 동작이 완료되는 시점을 Event 3 (Standing)으로 설정하였으며, Event 1과 Event 2 사이의 국면을 Phase 1, Event 2과 Event 3 사이의 국면을 Phase 2로 설정하였다. 각 분절의 움직임은 Visual 3-D 프로그램을 사용하여 주동측 하지의 방향(오른쪽/왼쪽)에 상관없이 x 축은 flexion(-)/extension(+), y 축은 abduction(+)/adduction(-), z 축은 external rotation(+)/internal rotation(-), 그리고 발 분절의 경우 x 축은 dorsiflexion(+)/plantarflexion(-), y 축은 eversion(+)/inversion(-), z 축은 abduction(+)/adduction(-)로 정할 수 있도록 설정하였다. 또한 분절의 움직임의 결과인 관절각도는 분절 간의 상대 각도를 산출하였다. NG와 RG의 1-RM의 50%, 70%, 90% 강도에서 수행된 컨벤셔널 데드리프트 동작의 주동측 하지의 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절과 몸통분절의 시상면 관절 각도가 Visual 3D (C-motion, USA)를 사용하여 산출되었다. 또한 근육활성도는 사전에 측정된 MVIC의 근활성도 값을 사용하여 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{Muscle activation} = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{MVIC}} \times 100(\%)$$

단, EMG_{raw} : 동작 시 근활성도의 RMS 값

EMG_{MVIC} : 최대 수의적 등척성 수축 시 근활성도의 RMS 평균값

표준화된 데이터를 이용하여 큰볼기근에 대한 척추세움근, 뒤넓다리근의 상대적인 근활성도의 비는 다음의 공식을 이용하여 산출하였다(Ng, Zhang & Li, 2008).

$$\text{Muscle activation ratio} \times 100(\%) = \frac{EMG_{\text{큰볼기근}}}{EMG_{\text{척추세움근 or 뒤넓다리근}}}$$

따라서 근활성도비가 1보다 크면 주동근인 큰볼기근의 우세 사용, 1보다 작으면 협력근이 우세 사용하고 있음을 의미한다.

4. 통계처리

운동 강도 별 컨벤셔널 데드리프트 수행 시, 엉덩관절 굽힘근의 정상적인 유연성 집단과 제한적인 유연성 집단 간의 운동학적 변인과 근활성도의 차이를 검증하기 위하여 반복측정

이원분산분석(집단 x 운동강도(중량))을 실시하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 사후검정으로 Bonferroni를 실시하였다. 이 때, 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

RESULTS

1. 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 따른 하지관절 및 몸통 분절 각도

1-RM의 50, 70, 90%의 강도로 컨벤셔널 데드리프트를 수행하였을 때 NG와 RG의 이벤트에 따른 하지관절 및 몸통 분절 각도는 Table 1-Table 4와 같다. 모든 결과에서 대부분의 경우 중량에 따른 각 집단 내의 통계적인 차이는 나타났으나($p < .05$), 집단 사이의 차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

2. 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 따른 주동근과 협력근의 활성화

NG와 RG의 중량변화에 따른 컨벤셔널 데드리프트 동작 수행 시 주동근과 협력근들의 근활성도는 Table 5와 같다. 중량이 증가함에 따라 모든 근육에서 두 집단 모두 근활성도가 통계적으로 유의하게 증가하였다($90\% > 70\% > 50\%$, $p < .05$). 그리고 데드리프트 동작의 주동근인 큰볼기근의 경우 모든 중량에서 NG가 RG에 비하여 큰 근활성도 경향을 나타냈으며, 1-

Table 1. Mean (SD) of ankle joint angles in sagittal plane during conventional deadlift unit: deg

	Lift off			Knee pass			Standing		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	10.55 (5.11)	8.73 (3.96)	6.77* (3.39)	-3.22 (3.18)	-4.63 (1.45)	-5.40 (2.26)	-5.98 (1.54)	-6.07 (1.61)	-6.02 (1.96)
RG	10.43 (3.82)	9.99 (2.54)	8.04* (3.35)	-1.63 (3.60)	-2.86 (2.46)	-5.28* (2.88)	-5.25 (2.35)	-5.07 (2.00)	-4.47 (1.42)

Note. *: significant with 50% & 70%

Table 2. Mean (SD) of knee joint angles in sagittal plane during conventional deadlift unit: deg

	Lift off			Knee pass			Standing		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	113.04 (7.92)	117.10 (6.18)	122.33* (6.02)	151.28 (6.67)	155.52 (3.78)	157.22 (5.19)	182.60 (3.24)	182.41 (3.05)	181.06 (4.02)
RG	114.65 (3.81)	116.81 (2.94)	122.19* (4.41)	148.39 (4.70)	152.76 (3.75)	158.13* (4.04)	180.18 (2.87)	180.09 (2.64)	178.24 (2.43)

Note. *: significant with 50% & 70%

Table 3. Mean (SD) of hip joint angles in sagittal plane during conventional deadlift

unit: deg

	Lift off			Knee pass			Standing		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	101.78 (4.65)	103.25 (4.88)	106.21* (5.90)	123.78 (3.12)	126.55 (4.22)	130.65* (8.22)	176.76 (2.98)	177.63 (3.91)	177.94 (3.77)
RG	102.61 (12.79)	104.70 (11.67)	108.84* (10.00)	127.14 (6.51)	129.93 (6.45)	133.49* (7.31)	175.76 (5.56)	175.85 (5.05)	176.40 (4.97)

Note. *: significant with 50% & 70%

Table 4. Mean (SD) of trunk segmental angles in sagittal plane during conventional deadlift

unit: deg

	Lift off			Knee pass			Standing		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	-42.36 (7.73)	-43.22 (8.88)	-46.83* (9.04)	-34.53 (7.31)	-35.58 (8.20)	-41.36* (8.03)	-1.01 (3.54)	-1.21 (3.33)	-3.55 (2.71)
RG	-38.91 (9.55)	-40.49 (9.57)	-44.80* (9.20)	-32.25 (5.90)	-34.68 (7.10)	-39.75* (9.42)	-1.70 (4.97)	-2.09 (4.71)	-2.03 (3.90)

Note. *: significant with 50% & 70%

Table 5. Mean (SD) of hip extension muscle activation during conventional deadlift

unit: %MVIC

	Gluteus maximus			Erector spinae			Biceps femoris		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	59.34 (19.57)	72.39* (17.97)	96.79** (17.53)	51.81 (16.57)	66.15* (16.41)	85.36** (21.90)	32.45 (9.82)	41.81* (11.28)	64.15** (14.45)
RG	41.95 (13.77)	59.45* (18.83)	73.96**† (23.82)	68.76 (9.53)	87.79† (15.29)	111.35**† (24.26)	43.95 (16.96)	66.12* (25.64)	89.11** (34.88)

Note. *: significant with 50%, **: significant with others, †: significant between groups

Table 6. Mean (SD) of muscle activation ratio during conventional deadlift

unit: %

	Gluteus maximus / Erector spinae			Gluteus maximus / Biceps femoris		
	50%	70%	90%	50%	70%	90%
NG	1.26 (0.86)	1.21 (0.61)	1.23 (0.47)	2.09 (1.19)	1.63* (0.55)	1.58 (0.40)
RG	0.64† (0.28)	0.70† (0.24)	0.69† (0.23)	0.99† (0.21)	0.95† (0.24)	0.87† (0.20)

Note. *: significant with 50%, †: significant between group

RM의 90% 중량에서 NG가 RG보다 통계적으로 유의하게 큰 근활성도가 나타났다($p < .05$). 또한 데드리프트 동작의 협력근인 척추세움근과 뒷넓다리근은 모든 중량에서 RG가 NG에 비하여 큰 근활성도를 나타냈으며, 척추세움근의 경우 1-RM의

70%와 90% 중량에서 NG가 RG보다 통계적으로 유의하게 작은 근활성도를 보여주었다($p < .05$).

3. 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 따른 주동근과 협력근의 근활성 비

1-RM의 50%, 70%, 90%의 강도로 컨벤셔널 데드리프트를 수행하였을 때 NG와 RG의 주동근에 대한 협력근들의 근활성 비는 Table 6과 같다. 큰볼기근/척추세움근의 경우 두 집단 모두 중량에 따른 차이는 나타나지 않았으나($p > .05$), 1-RM의 70%와 90% 중량에서 집단 간 통계적인 차이를 나타내었다($p < .05$). 큰볼기근/뒤넙다리근의 경우 RG에서는 중량에 따른 통계적 차이가 나타나지 않은 반면 NG에서는 1-RM의 50%와 70% 중량 간의 유의한 차이가 나타났다($1 > 2, p < .05$). 또한 모든 중량에서 NG가 RG보다 통계적으로 유의하게 높은 근활성 비를 나타내었다($p < .05$).

DISCUSSION

현대 사회에서 증가하는 근골격계 질환을 예방하며 체력 향상을 위해 많은 사람들이 웨이트 트레이닝을 실시하고 있으며, 직립 자세의 유지와 보행 및 다양한 스포츠 활동에서 하지의 움직임 조절하는데 큰 역할을 담당하고 있는 큰볼기근은 가장 관심을 받는 근육 중의 하나이다. 큰볼기근의 강화에 가장 대표적인 운동인 데드리프트는 많은 사람들이 다양한 목적을 위하여 사용하고 있지만 장시간 좌식생활로 인해 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 제한된 현대인의 경우 효율적인 큰볼기근의 강화를 유도하기 힘들 뿐 아니라 협력근의 보상작용으로 인하여 상해의 위험에도 영향을 미칠 수 있다(Akuthota & Nadler, 2004; Fulkerson, 2002; McAndrew, Gorelick & Brown, 2006; Neumann, 2010). 따라서 본 연구는 근활성 및 동작분석을 통해 엉덩관절 굽힘근 유연성이 컨벤셔널 데드리프트 동작 수행에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다.

본 연구를 수행한 결과 두 집단 내에서 모두 중량이 증가함에 따라 운동학적 변인들인 하지관절 및 몸통 분절 각도에서 차이를 나타냈으나(Table 1-4, $p < .05$) 집단 간 차이는 발견할 수 없었다(Table 1-4, $p > .05$). 이러한 결과는 중량이 증가함에 따라 바벨을 들어 올리면서 다리가 먼저 펴지고 몸통이 굽혀지는 자세가 나타난다고 보고한 Hales, Johnson & Johnson (2009)의 연구를 지지하고 있으며 본 연구에서 두 집단에게 공통적으로 나타난 동작의 변화는 선행연구와 같이 중량이 증가로 인한 영향에 의해 발생한 것으로 판단된다. 그러나 본 연구의 주된 목적인 엉덩관절 유연성에 따른 집단 간의 차이는 나타나지 않았는데 이것은 데드리프트 동작의 주동근의 유연성의 차이는 운동의 결과를 표현하는 운동학적 변인으로는 관찰되기 힘들 것으로 판단되며 실제 운동이 수행되는 트레이닝장에서 트레이너들이 이러한 차이를 눈으로 구별하기는 매우 어려워 보인다.

본 연구에서는 엉덩관절 유연성에 따른 데드리프트 동작의 주동근과 협력근의 활성도를 알아보았다. 연구결과 주동근인 큰볼기근과 협력근인 척추세움근, 뒤넙다리근에서 공통적으로 중량이 증가함에 따라 두 집단 모두 증가된 근활성도 차이를 나타내었다(Table 5, $p < .05$). 이러한 결과는 선행연구 및 본 연구의 운동학적 결과들이 동작을 수행하는 근력의 차이에서 기인하며, 또한 동작에 관련된 근력이 수행된 움직임변화의 원인임을 나타낸 결과라고 생각된다. 또한 움직임의 주동근인 큰볼기근의 경우 1-R의 90%에서 통계적으로 유의한 집단 차이를 나타내었다(Table 5, $p < .05$). 더불어 모든 중량에서 NG가 RG에 비하여 증가된 근활성도(1-RM의 50%와 90%에서 각각 17%, 23%)를 나타냄으로써 무게가 증가할수록 엉덩관절이 유연한 경우 주동근을 중심으로 동작을 수행하고 있으나 엉덩관절이 유연하지 않은 경우 눈으로 보기에는 같은 동작을 수행하였으나 주동근의 역할이 감소됨을 알 수 있다. 그러나 데드리프트 동작의 협력근인 척추세움근과 뒤넙다리근에서는 주동근인 큰볼기근과는 반대되는 결과가 도출되었다. 즉, 중량이 증가할수록 NG가 RG에 비하여 감소된 근활성도(척추세움근: -17~-25%, 뒤넙다리근: -12~-25%)를 나타냄으로써 중량이 증가할수록 RG가 주동근이 아닌 협력근을 사용하여 데드리프트 동작을 수행하는 것으로 보여진다. 특히, 척추세움근의 경우 1-RM의 70%와 90%에서 집단 간의 통계적으로 유의한 차이를 보임으로서(Table 5, $p < .05$) 데드리프트 동작에서 엉덩관절 굽힘근의 단축으로 인한 협력근의 과사용이 척추의 안정성에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

현대인들의 장시간의 좌식생활 때문에 나타나는 엉덩관절 굽힘근의 유연성 감소는 큰볼기근의 신장성 약화가 나타나고 엉덩관절의 폼 동작 시 협력근인 척추세움근과 뒤넙다리근의 보상작용으로 골반의 기울임을 유발하여 척추의 안정성에 영향을 미친다고 보고되고 있다(Cook, 2010; Osar, 2012). 데드리프트 동작은 현대인들이 자신의 건강을 위하여 즐겨하는 운동이며 엉덩관절의 폼이 중심이 되는 동작이다. 따라서 본 연구에서는 척추세움근과 뒤넙다리근이 데드리프트 동작 시 협력근으로서 얼마나 보상작용을 하는지를 큰볼기근의 활성도에 대한 각 협력근의 상대적 활성도로 알아보았다.

연구결과 모든 중량에서 척추세움근과 뒤넙다리근 모두 RG가 NG에 비하여 통계적으로 유의하게 증가된 협력근의 보상작용을 나타내었다(Table 6, $p < .05$). 모든 중량에서 NG의 경우 주동근인 큰볼기근이 협력근인 척추세움근과 뒤넙다리근에 비하여 평균적으로 각각 23%와 83% 큰 근활성도를 나타내었다. 반면에 RG의 경우는 협력근인 척추세움근과 뒤넙다리근이 주동근에 비하여 평균적으로 각각 33%와 7% 큰 근활성도를 나타내어 동작 수행 시 협력근의 보상작용을 증명하였다(Table 6). 특히 척추세움근에서 나타난 보상작용의 크기는 척추의 안정성에 영향을 줄 것으로 생각되며 엉덩관절 굽힘이 제한된

사람들에게 주의가 요구된다고 생각된다.

Mills 등 (2015)은 그들의 연구에서는 엉덩관절 굽힘근의 유연성 제한이 하지 근활성에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 스쿼트의 신장성 수축 구간에서 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근활성도를 분석하였는데, 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 제한됨에 따라 큰볼기근의 낮은 근활성과 더불어 보상작용으로 인하여 협력근인 뒤넙다리근의 높은 근활성을 보여주었다고 보고하였다. 본 연구에서는 Mills 등 (2015)의 연구와 다르게 현장의 웨이트 트레이닝 프로그램에서 사용되는 운동 강도의 중량을 사용하였는데, 체중 부하로만 운동을 실시한 Mills 등 (2015)의 연구와 일치하는 결과를 보여주었다. 따라서 컨벤셔널 데드리프트를 수행하였을 때, 두 집단 간에 나타난 주동근과 협력근의 근활성도 차이는 엉덩관절 굽힘근의 유연성 제한으로 인해 발생한 상호억제에 의해 큰볼기근의 낮은 근활성이 나타난 것으로 보이며(Sherrington, 1913), 이에 따라 발생한 보상작용으로 인하여 컨벤셔널 데드리프트의 협력근인 척추세움근과 뒤넙다리근의 높은 근활성을 유발한 것으로 생각된다(Frank et al., 2009; Osar, 2012; Sahrmann, 2002). 또한 Lewis, Sahrmann & Moran (2007)의 연구에 의하면 엉덩관절 펌 동작에서 주동근인 큰볼기근의 억제와 뒤넙다리근의 보상작용은 엉덩관절의 전방에 가해지는 부하를 증가시켜 엉덩관절의 안정성에 영향을 미치며 골반의 통증을 유발할 수 있다고 보고되고 있으며, 엉덩관절 펌 동작 시 척추세움근의 과사용은 골반의 과도한 전방경사화 하리뼈의 과도한 전만을 유발하고 근피로 및 근육의 좌상을 유발하며 상해로 이어질 수 있다고 보고되고 있다(Frank et al., 2009; Sahrmann, 2002). 또한 만성적인 요통을 가지고 있는 사람의 경우 큰볼기근, 뒤넙다리근의 활성이 정상적인 사람과 다른 유형을 보이며, 요통 환자들 경우에는 엉덩관절 펌 동작을 수행하면서 큰볼기근의 활성이 정상적인 사람들보다 지연된다고 보고되고 있다(Kwon & Koh, 2002). 이러한 선행연구의 지적은 컨벤셔널 데드리프트를 요통 환자들의 재활운동으로 적용하였을 때, 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 제한을 가지고 있다면 큰볼기근의 저활성과 뒤넙다리근의 과활성으로 인하여 요통 악화의 위험이 예측될 수 있음을 의미한다. 또한 본 연구에서 밝혀진 엉덩관절 굽힘근의 유연성 제한에 의한 변화된 근활성 패턴은 엉덩관절이 단축된 사람들에게 엉덩관절 펌이 주동적인 컨벤셔널 데드리프트를 수행시켰을 때 운동 효과를 감소시키며, 척추세움근과 뒤넙다리근의 과사용으로 인한 상해의 위험이 높아질 것이라는 것을 의미한다고 판단된다.

운동 동작 중 자세 조절은 전정기관과 체성감각, 그리고 시각적 피드백에 의해 영향을 받는다. 특히 시각적 피드백은 잘못된 자세를 인지하고 정확한 동작을 수행할 수 있도록 도움을 주기 때문에 운동의 효과를 증가시키고 부상의 위험을 감소시키는 역할을 한다고 보고되고 있으며(Brindle, Nitz, Uhl,

Kifer & Shapiro, 2004), 현장에서도 시각적 피드백에 대한 의존이 높다(Carbe & Lind, 2014; Krajewski, LeFavi & Riemann, 2018; McGuigan & Wilson, 1996; Piper & Waller, 2001; Rippetoe & Kilgore, 2007). 하지만 본 연구를 수행한 결과, 컨벤셔널 데드리프트 동작을 수행하였을 때, 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 제한됨에 따른 주동근과 협력근의 상호작용의 변화로 인하여 두 집단 간에 다른 근활성 패턴을 보여주었음에도 불구하고 두 집단 간 동작의 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 실제로 웨이트 트레이닝을 수행하거나 지도가 이루어지고 있는 피트니스 현장에서 많이 사용되는 거울을 통한 시각적 피드백에 대한 오류를 지적하며, 보완이 요구되고 있다고 생각된다. 즉, 많은 웨이트 트레이닝장에서 지도자가 웨이트 트레이닝을 지도할 때 고객의 자세를 통하여 운동에 대한 평가를 한다(Baechle, & Earle, 2008). 하지만 본 연구에서 나타난 결과와 같이 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 제한이 있을 경우, 컨벤셔널 데드리프트 동작 수행에서 나타나는 근육의 보상작용으로 인하여 발생하는 운동 효과의 감소나 부상의 위험이 존재함에도 불구하고 시각적인 확인이 불가능하며 문제점에 대하여 미리 예측하기 어려울 것으로 판단된다. 따라서 동작을 통한 평가가 아닌 컨벤셔널 데드리프트를 수행하기에 앞서 Thomas test와 같이 현장에서 활용할 수 있는 엉덩관절 굽힘근의 유연성 평가가 필요하며, 제한적인 유연성이 나타날 경우 유연성 트레이닝을 통한 개선이 트레이닝 적용에 우선되어야 할 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구에서는 현대인들의 주된 생활 패턴인 장시간의 좌식 생활로 인하여 발생하는 엉덩관절 굽힘근의 유연성 제한이 대표적인 웨이트 트레이닝인 컨벤셔널 데드리프트 수행 시 동작과 주동근 및 협력근의 근활성에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫 번째, 운동학적 변인인 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절, 몸통 분절의 시상면 관절 각도에서는 엉덩관절 굽힘근의 유연성에 따른 두 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

두 번째, 컨벤셔널 데드리프트 수행 시 엉덩관절 굽힘근 유연성에 따른 두 집단의 근활성도를 비교하였을 때, 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 제한됨에 따라 큰볼기근의 근활성도가 유의하게 낮게 나타났으며 척추세움근의 근활성도는 유의하게 높게 나타났다. 뒤넙다리근의 근활성도는 높은 경향을 보여주었다.

세 번째, 컨벤셔널 데드리프트 수행 시 엉덩관절 굽힘근 유연성에 따른 두 집단의 큰볼기근에 대한 척추세움근과 뒤넙다리근의 근활성비를 비교하였을 때, 엉덩관절 굽힘근의 유연성이 제한됨에 따라 큰볼기근 대비 척추세움근과 뒤넙다리

근의 근활성도가 유의하게 높게 나타났다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is extracted from Young sung Ji's Master Thesis.

REFERENCES

- Aasa, B., Berglund, L., Michaelson, P. & Aasa, U. (2015). Individualized low-load motor control exercises and education versus a high-load lifting exercise and education to improve activity, pain intensity, and physical performance in patients with low back pain: a randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(2), 77-85.
- Akuthota, V. & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 86-92.
- Baechele, T. R. & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human kinetics.
- Bird, S. & Barrington-Higgs, B. (2010). Exploring the deadlift. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 46-51.
- Brindle, T. J., Nitz, A. J., Uhl, T. L., Kifer, E. & Shapiro, R. (2004). Measures of accuracy for active shoulder movements at 3 different speeds with kinesthetic and visual feedback. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(8), 468-478.
- Carbe, J. & Lind, A. (2014). *A kinematic, kinetic and electromyographic analysis of 1-repetition maximum deadlifts* (unpublished bachelor's thesis). University of gothenburg, Sweden.
- Cholewicki, J., McGill, S. M. & Norman, R. W. (1991). Lumbar spine loads during the lifting of extremely heavy weights. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(10), 1179-1186.
- Cholewicki, J. & McGill, S. M. (1992). Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurements. *Journal of Biomechanics*, 25(1), 17-28.
- Chulvi-Medrano, I., García-Massó, X., Colado, J. C., Pablos, C., de Moraes, J. A. & Fuster, M. A. (2010). Deadlift muscle force and activation under stable and unstable conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2723-2730.
- Cook, G. (2010). *Movement: Functional movement systems: Screening, assessment, corrective strategies*. BookBaby.
- Edington, C., Greening, C., Kmet, N., Philipenko, N., Purves, L., Stevens, J. & Butcher, S. (2018). The Effect of Set Up Position on EMG Amplitude, Lumbar Spine Kinetics, and Total Force Output During Maximal Isometric Conventional-Stance Deadlifts. *Sports*, 6(3), 90.
- Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Welch, C. M., Kayes, A. V. & Andrews, J. R. (2000). A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 1265-1275.
- Fortin, J. D. & Falco, F. J. E. (1997). The Biomechanical Principles of Preventing Weightlifting Injuries. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 11, 697-716.
- Frank, C., Page, P. & Lardner, R. (2009). *Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach*. Human Kinetics.
- Fulkerson, J. P. (2002). Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(3), 447-456.
- Haff, G. G. & Triplett, N. T. (Eds.). (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. Human kinetics.
- Hales, M. E., Johnson, B. F. & Johnson, J. T. (2009). Kinematic analysis of the powerlifting style squat and the conventional deadlift during competition: is there a cross-over effect between lifts?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2574-2580.
- Holmberg, D., Crantz, H. & Michaelson, P. (2012). Treating persistent low back pain with deadlift training—A single subject experimental design with a 15-month follow-up. *Advances in Physiotherapy*, 14(2), 61-70.
- Huh, Y., Shon, J. & Huh, J. (2015). An epidemiological investigation of CrossFit injuries in South Korea. *The Korean Journal of Physical Education*, 54(1), 495-504.
- Jones, C. S., Christensen, C. & Young, M. (2000). Weight training injury trends: a 20-year survey. *The Physician and Sports Medicine*, 28(7), 61-72.
- Kang, E. & Shin, J. (2017). A case study of injuries among the users of fitness centers. *The Korea Journal of Sports Science*, 26(6), 127-137.
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. M. & Romani, W. A. (2005). *Muscles: Testing and function, with posture and pain (Kendall, Muscles)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Krajewski, K., LeFavi, R. & Riemann, B. (2018). A Biomechanical Analysis of the Effects of Bouncing the Barbell in the Conventional Deadlift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33, suppl S70-S77.

- Kwon, O. Y. & Koh, E. K. (2002). The comparison of the onset times of hamstring, gluteus maximus, and lumbar erector spinae muscle activity during hip extension between subjects with low back pain and healthy subjects. *Physical Therapy Korea*, 9(2), 33-42.
- Lewis, C. L., Sahrman, S. A. & Moran, D. W. (2007). Anterior hip joint force increases with hip extension, decreased gluteal force, or decreased iliopsoas force. *Journal of Biomechanics*, 40(16), 3725-3731.
- McAndrew, D., Gorelick, M. & Brown, J. M. M. (2006). Muscles within muscles: a mechanomyographic analysis of muscle segment contractile properties within human gluteus maximus. *Journal of Musculoskeletal Research*, 10(01), 23-35.
- McGuigan, M. R. & Wilson, B. D. (1996). Biomechanical analysis of the deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(4), 250-255.
- Mills, M., Frank, B., Goto, S., Blackburn, T., Cates, S., Clark, M. & Padua, D. (2015). Effect of restricted hip flexor muscle length on hip extensor muscle activity and lower extremity biomechanics in college-aged female soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(7), 946.
- Ministry of Health and Welfare. (2017). 2017 Health statistics.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism. (2017). 2017 Survey on participation in national recreation activities.
- Myers, T. W. (2001). *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists*. Churchill Livingstone.
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*, ed. St. Louis, Mo.: Mosby.
- Ng, G. Y. F., Zhang, A. Q. & Li, C. K. (2008). Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(1), 128-133.
- Osar, E. (2012). *Corrective Exercise Solutions to Common Shoulder and Hip Dysfunction*. BookBaby.
- Palmitier, R. A., An, K. N., Scott, S. G. & Chao, E. Y. (1991). *Kinetic Chain Exercise in Knee Rehabilitation*. *Sports Medicine*, 11(6), 402-413.
- Piper, T. J. & Waller, M. A. (2001). Variations of the deadlift. *Strength & Conditioning Journal*, 23(3), 66.
- Rippetoe, M. & Kilgore, L. (2007). *Starting strength: Basic barbell training*. Wichita Falls, Texas, USA: Aasgaard Company.
- Sahrman, S. A. (2002). Does postural assessment contribute to patient care?. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(8), 376-379.
- Sherrington, C. S. (1913). Reflex inhibition as a factor in the coordination of movements and postures. *Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration*, 8(3), 251-310.
- Snyder, B. J., Cauthen, C. P. & Senger, S. R. (2017). Comparison of Muscle Involvement and Posture Between the Conventional Deadlift and a "Walk-In" Style Deadlift Machine. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(10), 2859-2865.
- Swinton, P. A., Stewart, A., Agouris, I., Keogh, J. W. & Lloyd, R. (2011). A biomechanical analysis of straight and hexagonal barbell deadlifts using submaximal loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 2000-2009.
- Thompson, B. J., Stock, M. S., Shields, J. E., Luera, M. J., Munayer, I. K. Mota, J. A., & Olinghouse, K. D. (2015). Barbell deadlift training increases the rate of torque development and vertical jump performance in novices. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 1-10.
- Wang, R., Hoffman, J. R., Tanigawa, S., Miramonti, A. A., La Monica, M. B., Beyer, K. S. & Stout, J. R. (2016). Isometric mid-thigh pull correlates with strength, sprint, and agility performance in collegiate rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3051-3056.
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209-216.
- Yack, H. J., Collins, C. E. & Whieldon, T. J. (1993). Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(1), 49-54.