

정상 성인에서 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 활성화가 파악력에 미치는 영향



The Journal of Korean Society of Physical Therapy

■ 이미영

■ 대구한의대학교 보건치료대학 물리치료학과

Effect of Abdominal Muscle Activity in Combination with the Abdominal Drawing-in Maneuver for Grip Strength in Healthy Young Adults

Mi-Young Lee, PT, PhD

Department of Physical Therapy, College of Health and Therapy, Daegu Haany University

Purpose: The grip strength is influenced by various factors, such as position of the upper extremity, characteristics of the hand, and general physical condition. In this study, we investigated whether abdominal muscle activity in combination with the abdominal drawing-in maneuver has any effect on the grip strength in healthy young adults.

Methods: This study included 31 healthy subjects (16 males, 15 females). We used surface electromyography and pressure bio-feedback unit for this experiment. All Subjects were placed in a cock-lying position with comfort and the grip strength was measured. On the following day, the pressure bio-feedback unit was placed beneath their fifth lumbar vertebra, and the, grip strength was measured again. This time, the measurement was taken while drawing-in their abdomen below the navel gently and gradually, while maintaining a neutral pelvic position.

Results: The grip strength was significantly increased when subjects performed the drawing-in maneuver than when they were comfortable ($p < 0.05$). In addition, activations of the rectus abdominal muscles significantly increased ($p < 0.05$).

Conclusion: In the current study, we found that abdominal muscle activity, in combination with the abdominal drawing-in maneuver, affected the grip strength, positively. Therefore, we suggest that this result should be considered when evaluating the grip strength.

Keywords: Abdominal drawing-in maneuver, Grip strength, Pressure Bio-feedback unit

논문접수일: 2011년 12월 3일

수정접수일: 2012년 1월 28일

게재승인일: 2012년 2월 7일

교신저자: 이미영, mykawai@hanmail.net

1. 서론

잡기(grip) 동작은 기능적 일상 생활에서 다양하고, 유용하게 사용되기 때문에, 파악력(grip strength)은 종종 전반적인 신체의 근력과 건강의 임상적 지표로 사용된다.¹ 이러한 중요성으로 인해, 파악력의 생역학적 측면을 확인하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.²⁻⁴ 파악력은 악력계(dynamometer)의 핸들을 잡는 것과 같이 손목관절의 신전근과 함께 손가락의 장굴곡근에 의해 수행된다.³ 파악력은 일상생활과 작업 현장에서 다양한 기능적인 활동에서 요구되는데, 렌치(wrench)를 돌리거나, 타이핑

작업을 하는 것과 같은 구심성과 원심성 근 수축을 유도하는 동적인 움직임에서부터 가구를 옮기는 것과 같은 아주 장기간의 등척성 수축을 유발해 연속적인 힘을 적용하는 정적인 과제까지 다양하며, 도수적 활동은 잡는 동작의 연속성으로 나타난다.³

파악력은 손의 굴곡을 유도하는 내재근(intrinsic)과 외재근(extrinsic)의 수축으로 인한 최대 근력을 반영한다.⁴ 건강한 성인에서 이것은 나이와 성별에 가장 강하게 영향을 받지만, 병적 질환을 가진 환자의 경우에는 질환의 심각도, 동반된 질환(comorbidity)의 정도, 의학적 치료, 근 위축을 유발하는 고정(im-

mobilization), 심리 상태와 같은 다양한 요인에 의해 영향을 받는다.⁵⁻⁹ 침상 안정과 염증, 감염 역시 근육의 기능에 부정적 효과를 미치며, 더욱이 질환과 함께 감소되는 영양 상태 (nutritional status)는 근력에 많은 영향을 미친다.^{6,10} 또한 손의 파악력은 특정 관절, 주관절과 손의 근육의 도수근력과 유의한 상관성이 있음이 보고되었다.¹¹ 이에 관련된 선행 연구에서는 다양한 상지 관절의 각도, 자세에 따른 손의 잡기 근력의 차이에 대해 발표하고 있다.¹²

일반적으로 복부 드로우-인 기법(abdominal drawing-in maneuver)은 척추 안정화를 위한 기법으로 사용되는데, 이것은 복벽을 안쪽으로 당김으로써 심부근의 활성화를 유도하고 복내압을 증가시키며, 요추가 중립을 유지하도록 하기 때문에 안정화 훈련에 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한 자발적인 수축에 의한 드로우-인 기법은 심부 복부근과 다열근의 수축 패턴을 발달시키는데 효과적이다.¹³ 임상적으로 스포츠 손상환자나 요통환자에서 심부(core) 근육의 안정화를 유도하여 신경근육계의 조절을 회복시키기 위해 많이 사용된다.^{14,15} 특히, 압력 생체 되먹임 장치(Pressure Bio-Feedback unit)는 공기로 채운 컵으로 척추의 움직임을 감지할 수 있고, 압력 센서는 안정화 동안에 시간적 생체 되먹임을 제공해주며, 심부 근육의 피로 시간을 측정하는데 유용하기 때문에 많이 사용된다.¹⁶

대부분의 척추 안정성을 기반으로 한 체간 운동에 관련된 선행연구에서는 체간 안정화가 하지에 미치는 영향, 즉 하지의 기능, 근활성화, 균형 능력 등의 변화를 살펴보았다.¹⁷⁻¹⁹ 하지만, 신체 분절은 연결적인 반응력을 가지고 있기 때문에 본 연구에서는 압력 생체되먹임 장치를 사용하여 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축시 파악력의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축이 파악력에 미치는 영향을 연구하기 위해 설계되었다. 연구대상자는 신경학적 증상이 없고 근골격계 장애 및 기형이 없는 정상 성인 31명을 대상으로 시행하였다. 실험에 앞서 모든 연구대상자에게 연구의 목적 및 취지를 설명하고 자발적인 동의를 얻은 후 본 실험을 시행하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Demographic characteristics of subjects

Subject group (n=31)	
Sex	Male (16, 51.6%), Female (15, 48.4%)
Age (yrs)*	21.7±2.0
Weight (kg)*	59.6±11.0

*Mean ± SD

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 표면 근전도(Surface Electromyogram, EMG)
 근활성도를 측정하기 위해 MP150 (Biopac System, 미국)를 이용하였으며, 근전도의 신호처리는 1000 Hz의 표본 추출률(sampling rate)로 수집한 후, 전파정류(full-wave rectification)하여 처리하였다. 자료처리는 Acqknowledge 3.82 (Biopac System, 미국) 소프트웨어를 사용하여 30~500 Hz에서 구간 통과 필터(band pass filtering)하고 잡음 제거를 위해 60 Hz로 노치필터(notch filter)로 신호를 처리하였다. 본 연구에서는 표준화하는 방법으로 %MVIC를 사용하여 처리하였다. 최대 등척성 수축값을 측정하는 방법으로 대상자에게 5초간 도수저항을 주어 최대 등척성 수축을 시킨 후, 평균값의 오차를 줄이기 위해 5초간 수축한 값의 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 3초의 평균값을 최대 등척성 수축값으로 정하였다.

(2) 압력 생체 되먹임 장치(Pressure Bio-Feedback unit)
 압력 생체 되먹임 장치(Stabilizer Pressure Biofeedback Unit, Chattanooga Group Inc., 미국)는 운동이 정확하고 질적으로 수행되고 있는지 피드백(feedback)을 제공해주고, 허부 허리의 자세를 관찰할 수 있으며, 복부근육과 허리 근육이 효과적으로 활동하고 있는지 아닌지를 관찰할 수 있다.^{15,16,20}

(3) 악력계(Grip strength dynamometer)
 악력을 측정하기 위해 악력계(Lafayette Instrument, Model TTK 5401, 미국)를 사용하였으며, 0.1 kg 단위로 5 kg에서 100 kg까지 측정 가능한 디지털 악력계이다. 악력계는 상대적으로 저비용이며, 간단하기 때문에 손의 기능적 능력을 평가하기 위해 임상에서 주로 유용하게 사용된다.²¹

2) 실험 방법
 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축력이 파악력 변화에 미치는 영향을 관찰하기 위해 테이블에 바로 누운 자세에서 하지는 무릎을 90° 굽히고, 견관절은 0°로, 주관절은 신전 자세를 취하게 하였다. 이 자세에서 손목은 중립(neutral position)

위치에서 악력계의 손잡이를 대상자의 손가락을 걸치고, 악력계를 잡는 길이가 무지의 기근부와 손가락의 선단까지 거리의 절반이 되도록 악력계의 폭을 조절하여 잡았다. 파악력을 측정하는 절차로, 첫 번째는 복부에 힘을 주지 않고 편안한 검사자 세로 파악력을 측정하였고, 두 번째는 압력 생체 되먹임 장치의 커프를 요추 부위에 위치하게 놓고 압력을 40 mmHg로 맞춘다. 심부근 활성화를 위해 복부 드로우-인 기법으로 골반을 중립위치로 유지하면서 배꼽을 상방과 후방으로 천천히 당기도록 하여 심부 근육을 수축시키고, 압력 생체 되먹임 장치의 커프 수치가 10 mmHg 더 올라가게 유도하면서 파악력을 측정하였다.^{13,22} 첫 번째 실험 후 하루가 지난 다음 동일한 시간에 두 번째 실험을 수행하였으며, 각각 3번 반복 측정하여 평균값을 구했으며, 각 측정 간 피로도를 감소시키기 위해 충분한 휴식을 취하였다. 동시에 대근육(global muscle)의 활성화를 알아보기 위해 근전도를 이용하여 상복직근(배꼽에서 3 cm 외측과 5 cm 위쪽)과 하복직근(배꼽에서 3 cm 외측과 3 cm 아래쪽)에 활

동안 파악력은 33.80±10.20 kg으로 통계적으로 유의하게 증가하였다(p<0.05)(Table 2).

Table 2. Change of grasp force during drawing-in maneuver (unit: Kg)

	Mean ± SD	t	p
Without drawing-in maneuver	30.34±10.00	-7.37	0.00*
With drawing-in maneuver	33.80±10.20		

*p<0.05

2. 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축 동안 근전도 변화

압력 생체 되먹임 장치를 이용하여 복부 드로우-인 기법을 동반하여 복부근 수축을 유도하였을 때 상복부근의 활성화는 적용전 17.31%±12.46%에서 적용시 28.38%±13.27%로 증가하였고, 하복부근에서는 적용전 21.92%±13.12%에서 적용시 35.74%±21.32%로 통계적으로 각각 유의하게 증가하였다(Table 3).

Table 3. Change of abdominal muscle activation during drawing-in maneuver (%MVIC)

Muscle	Test1		Test2		t	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
Upper rectus abdominal	17.31±12.46	28.38±13.27	21.92±13.12	35.74±21.32	-6.99	0.00*
Lower rectus abdominal	21.92±13.12	35.74±21.32	17.31±12.46	28.38±13.27	-5.37	0.00*

*p<0.05

Test1: Muscle activation during hand-grip alone

Test2: Muscle activation during hand-grip with drawing-in maneuver

성 전극(active electrode)을 부착하여 측정하였으며, 전극 부착 전 피부저항과 각질 제거를 위해 알코올로 닦아주었다. 그리고 신체의 다른 부위에서 나오는 잡음 및 기타 전기적 신호를 제거하기 위해 접지(ground) 전극을 경추 7번에 붙였다.

3. 자료 분석

데이터는 Kolmogorov-Smirnov test에 의한 정규성 검정을 실시한 결과 가정에 만족하여, 모수 검정을 사용하였다. 복부 드로우-인 동작을 하는 동안 악력의 변화를 알아보기 위해 대응 표본 t-검정을 하였다. 분석은 SPSS 14.0 for window를 사용하였고, 유의 수준은 α=0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축 동안 파악력 변화

복부근 수축 전 30.34±10.00 kg에서 복부근 수축을 유도하는

IV. 고찰

본 연구는 정상 성인에서 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축이 파악력에 미치는 영향을 알아보기 위해 설계되었다. 복부 드로우-인 기법으로 복부 근육의 수의적인 수축을 유도하였고, 압력 생체 되먹임 장치를 사용하여 시각적으로 확인하였다. 결과로 복부 드로우-인 기법을 하는 동안 파악력이 33.80±10.20 kg으로 체간이 편안한 상태에 있을 때의 30.34±10.00 kg보다 증가된 양상을 볼 수 있었다. 또한 드로우-인 기법으로 압력 생체 되먹임 장치의 커프의 압력을 가할 때, 안정화 근육 외에 대단위 근육인 상, 하 복직근에서도 활성화 변화가 있었음을 표면 근전도를 통해 알 수 있었다.

표준적으로 파악력의 측정은 주관절 90° 굴곡, 손목과 전완의 중립자세에서 수행된다. 그러나 일상생활동작(예, 물건을 잡을 때 등)에서는 다양한 자세에서 파악 또는 파악력이 필요하며, 이것은 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문에, 이와 관련된 연구들이 많이 보고되고 있다. 상지의 자세와 관련해서 살펴

보면, LaStayo와 Chidqey²³은 파악력이 전완의 회외각이 70° 이상일 경우에는 감소를 보인다고 하였다. Kettel 등²⁴ 연구에서는 최대 파악력에 영향을 미치는 상지의 자세를 살펴보았는데, 연구 결과에서는 견관절과 손목의 중립 자세에서 주관절이 135° 굴곡된 자세에서 최대 파악력이 발생함을 발표하였다. Mandalidis와 O'Brien 등¹¹의 연구 결과에서는 파악력은 견관절 외회전근, 외전근과 주관절 굴곡근에 의해 유발되는 등속적 모멘트와 양적(positive) 관련성이 있음을 보고하였다. 이러한 관련성은 근위부 관절이 주위 근육조직에 의해 효율적으로 안정화될 때 원위부 관절에서 활동하는 근육이 효율적으로 수행된다는 기전을 기초로 설명할 수 있다. 최근에 Bhardwai 등²⁵ 손목관절 위치에 따라 파악력이 차이가 있는데, 손목관절이 굴곡될수록 파악력이 감소한다는 연구 결과를 발표하였다 마찬가지로 Bhargava²⁶ 등은 외측 상과염이 있는 스포츠 손상 환자에서 손목 관절이 15° 신전되었을 때 파악력이 가장 크다고 하였으며, 평가 또는 스프린트를 제작할 때에는 이러한 손목 위치를 유지하는 것이 필요하다고 하였다. 한편, 손의 특성과 관련하여, 파악력은 우세손과 비우세손 모두에서 손바닥의 두께와 손의 폭이 파악력과 상관성이 있고, 손의 크기 또한 파악력과 관련성이 있다고 밝혀지면서, 여성이 남성에 비해 손의 크기가 작기 때문에 파악력이 작을 것이라는 주장도 보이고 있다.²⁷ 이와 같이 대부분의 선행연구에서는 상지의 특정 근육, 자세와 관련하여 파악력과의 관련성을 보고하였다. 따라서, 본 연구는 복부근의 수축과 파악력의 관련성을 알아보고자 하였고, 체간 근육의 활성화가 파악력에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과를 얻게 되었다.

한편, 척추 안정화에 대한 근골격계의 조절은 잠재적인 운동학적 방해에서 균형을 유지하고, 근골격계 손상의 위험을 감소 시키는데 필요하다. 이에 대해 길항적 공동수축(co-contraction)이 체간의 단단함(stiffness)과 척추의 안정성을 조절하기 위해 동원된다.^{28,29} Cholewichi와 McGill³⁰은 요추의 안정화 지수(stability index)는 증가된 과제 요구 정도에 따라 증가하고, 이것은 증가된 근육의 사용과 함께 근육의 공동 활성화를 증가시켜 척추의 안정화를 유도한다고 설명하였다. 본 연구에서는 심부 근육을 활성화시키기 위해 사용된 복부 드로우-인 기법은 횡복근(transverse abdominal muscle)을 수축시키고, 동시에 다열근(multifidus)의 원심성 수축을 유도하여 체간의 안정화에 도움을 준다. 횡복근의 활성화는 세침 근전도(fine wire EMG)와 초음파 영상을 사용하여 직접적으로 평가하지만, 여러 가지(고비용, 통증, 감염위험) 측면에서 제한성을 가지기 때문에, 임상적으로는 본 연구에서 사용한 압력 생체 되먹임 장치를 사용하여 간접적으로 평가되어진다.²⁰ 한편, 일부의 선행 연구에서는 복부 드로우-인 기법으로 사지 근육의 활성화 변화를 보고하였다^{31,32}.

Kim³¹ 등은 본 연구와 같이 교각자세에서 생체 피드백 장치와 복부 드로우-인 기법을 적용하였을 때 하지의 대퇴직근, 슬괏근의 활성화가 증가됨을 보고하였고, 마찬가지로 Oh³² 등은 엎드린 자세에서 복부 드로우-인 기법과 고관절 신전 운동을 병행한 결과 대둔근과 슬괏근에서 근활성도가 증가하였음을 보고하였다. 본 연구 결과에서 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축 동안 파악력이 증가하였는데, 심부 근육과 대근육의 공동 수축으로 인한 체간 안정화가 파악력에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 본 연구에서 증명된 대근육의 활성화는 선행연구를 토대로 체간 안정화 운동시에 대근육도 함께 동원이 된다는 것을 알 수 있다.¹⁹ 또한 Beith³³ 등은 체간 안정화 방법인 복부 할로우(hollowing) 기법은 선택적으로 심부 근육에서만 근수축이 유발되어야 하나, 단일한 근육에서 활성화를 유도하기가 어렵다고 제시하였다.

선행적 자세 조절은 예상되는 역학적 동요(perturbation) 이전에 발생하는 근 활성화에서 변화를 보이는 것이다. 대부분의 관련된 연구들은 다른 속도에서의 팔의 움직임 동안, 다른 관성적 부하에 대항한 팔의 움직임 동안과 같은 과제의 동적 요구의 변화로 인한 선행적 자세 조절의 크기와 발현 시간을 제시하였다.^{34,35} Lacquaniti와 Mailoi³⁶는 잡는 동작(catching) 동안, 팔 근육에서 선행적 자세조절의 크기가 부하의 운동량과 선행적으로 관련성이 있음을 보고하였다. 마찬가지로, Shiratori³⁵ 등의 연구 결과에서도 떨어지는 부하를 잡는 동작에서 수의적 인 활동 없이 체간/다리에서 선행적인 자세 조절이 관찰되었다. 이러한 선행적 자세 조절은 신체 분절의 결합으로 인한 반응력(reaction force)으로 설명될 수 있는데, 이 기전으로 상지의 파악력이 체간 근육의 수축에 의해 증가되었을 것으로 생각된다.

그러므로 본 연구에서는 복부 드로우-인 기법으로 수의적인 복부근 수축을 유도하였으며, 그러한 작용으로 인해 파악력이 증가되었음을 증명하였다. 파악력에 영향을 미치는 요인들은 다양하게 선행 연구에서 보고되고 있으며, 이와 더불어 복부 드로우-인 기법을 동반한 복부근 수축 또한 파악력에 긍정적으로 작용함을 증명한 것에 연구적의미를 둘 수 있다. 그러나 본 연구의 제한점은 표면 근전도의 사용으로 체간 안정화에 중요한 역할을 하는 심부 근육의 활성화를 직접적으로 확인할 수 없었다는 것이다. 하지만, 본 연구 결과를 토대로 임상적으로 재활 분야에서 손의 기능과 근력이 감소된 환자에서 파악력의 측정 및 증진을 위해 치료 중재시에 포괄적인 치료 개념으로 체간근 활성화(복부 드로우-인 기법)에 대한 접근이 필요할 것이라 생각된다.

Author Contributions

Research design: Lee MY

Acquisition of data: Lee MY

Analysis and interpretation of data: Lee MY

Drafting of the manuscript: Lee MY

Administrative, technical, and material support: Lee MY

Research supervision: Lee MY

Acknowledgements

1. 이 논문은 2010년도 대구한의대학교 기린연구비 지원에 의해 수행됨.

참고문헌

1. Massy-Westropp N, Rankin W, Ahern M et al. Measuring grip strength in normal adults: Reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. *J Hand Surg Am.* 2004;29(3):514-9.
2. Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influence of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *Int J Ind Ergon.* 2005;35: 605-18.
3. Johanson ME, James MA, Skinner SR. Forearm muscle activation during power grip and release. *J Hand Surg Am.* 1998;23(5):938-44.
4. Mitsionis G, Pakos EE, Stafilas KS et al. Normative data on hand grip strength in a greek adult population. *Int Orthop.* 2009;33(3):713-7.
5. Budziareck MB, Pureza Duarte RR, Barbosa-Silva MC. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clin Nutr.* 2008;27(3):357-62.
6. Lindboe CF, Platou CS. Disuse atrophy of human skeletal muscle. An enzyme histochemical study. *Acta Neuropathol.* 1982;56(4):241-4.
7. Watson J, Ring D. Influence of Psychological Factors on Grip strength. *J Hand Surg Am.* 2008;33(10):1791-95.
8. Li K, Hewson DJ, Duchêne J et al. Predicting maximal grip strength using hand circumference. *Man Ther.* 2010; 15(6):579-85.
9. Norman K, Stobäus N, Gonzalez MC et al. Hand grip strength: outcome predictor and marker of nutritional status. *Clin Nutr.* 2011;30(2):135-42.
10. Wagenmakers AJ. Muscle function in critically ill patients. *Clin Nutr.* 2001;20(5):451-4.
11. Bohannon RW. Hand-grip dynamometry provides a valid indication of upper extremity strength impairment in home care patients. *J Hand Ther.* 1998;11(4):258-60.
12. Mandalidis D OBM. Relationship between hand-grip isometric strength and isokinetic moment data of the shoulder stabilisers. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;14(1):19-26.
13. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and technique (4th Ed.). Philadelphia: Davis Company. 2002.
14. Macedo LG, Maher CG, Latimer J, et al. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Phys Ther.* 2009;89(1):9-25.
15. Von Garnier K, Köveker K, Rackwitz B et al. Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapy.* 2009; 95:8-14.
16. Cairns M, Harrison K, Wright C. Pressure biofeedback: a useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction? *Physiotherapy.* 2000;86:127-38.
17. McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):118-26.
18. 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.
19. Kim JH, Park SK, Kang JI et al. Effects of Lumbar Stability Exercise Program on Trunk, Lower Extremity of Muscle Activity and Balance in Soccer Player. *J Kor Soc Phys Ther* 2010;22(5):25-31.
20. De Paula Lima PO, de Oliveira RR, Costa LO et al. Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis muscle activity: a systematic review. *Physiotherapy.* 2011;91(2):100-6.
21. Adams J, Burrige J, Mullee M, et al. Correlation between upper limb functional ability and structural hand impairment in an early rheumatoid population. *Clin Rehabil* 2004; 18:405-13.
22. Chon SC, Chang KY, You JS. Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy.* 2010; 96(2): 130-6.
23. LaStayo P, Chidgey L, Miller G. Quantification of the relationship between dynamic grip strength and forearm rotation: a preliminary study. *Ann Plast Surg.* 1995;35(2):

- 191-6.
24. Kattel BP, Fredericks TK, Fernandez JE et al. The effect of upper-extremity posture on maximum grip strength. *Int J Ind Ergon.* 1996;18:423-9.
 25. Bhardwaj P, Nayak SS, Kiswar AM et al. Effect of static wrist position on grip strength. *Indian J Plast Surg.* 2011; 44(1):55-8.
 26. Bhargava AS, Eapen C, Kumar SP. Grip strength measurements at two different wrist extension positions in chronic lateral epicondylitis-comparison of involved vs. uninvolved side in athletes and non athletes: a case-control study. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2010;7(2):22.
 27. Frabssib C, Winkel J. Grip strength and leg design of power grip hand tool. *J Biomech.* 1989;22(10):1012.
 28. Granata KP, Marras WS. Cost-benefit of muscle cocontraction in protecting against spinal instability. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(11):1398-404.
 29. Granata KP, Orishimo KF. Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. *J Biomech.* 2001; 34(9):1117-23.
 30. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1996;11(1):1-15.
 31. Kim EO, Kim TH, Roh JS et al. The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise. *KAUTPT.* 2009;16(1):1-9.
 32. Oh JS, Cynn HS, Won JH et al. Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2007;37(6):320-4.
 33. Beith ID, Synnott RE, Newman SA. Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. *Man Ther.* 2001; 6(2):82-87.
 34. Horak FB, Esselman P, Anderson ME et al. The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(9):1020-8.
 35. Shiratori T, Latash ML. Anticipatory postural adjustments during load catching by standing subjects. *Clin Neurophysiol.* 2001;112(7):1250-65.
 36. Lacquaniti F, Maioli C. The role of preparation in tuning anticipatory and reflex responses during catching. *J Neurosci.* 1989;9(1):134-48.