

경추 굴곡근과 신전근 및 외측굴곡근의 등척성 근력평가

신구전문대학 물리치료과
안산전문대학 물리치료과*

정낙수 · 최규환*

Isometric Evaluation of the Flexors, Extensors and Lateral Flexors of the Cervical

Chung, Nack Su, M.P.H., R.P.T.

Choi, Kyu Hwan, M.P.H., R.P.T.*

Department of Physical Therapy, Shingu Junior College

*Department of Physical Therapy, Ansan Junior College**

-ABSTRACT-

The aim of this study was to determine the normative strength value for cervical flexors, extensors and right lateral flexors, left lateral flexors to provide a guideline for rehabilitation of cervical radiculopathy patients.

The isometric evaluation of cervical flexors, extensors and lateral flexors by using the Hand-held dynamometer was performed on 50 males and 50 females.

The result were as follows.

The average cervical muscle strength were 5.7 kg in flexor, 10.5 kg in extensors, and 6.6 kg in right lateral flexor, 6.5 kg in left lateral flexor.

There was statistically significant difference between the cervical flexors and extensors($p < 0.01$) but no significant difference between right lateral flexor and left lateral flexor.

There was statistically significant difference between male and female($p < 0.01$).

When one of cervical muscle was strong, also the others did in subjects($p < 0.01$) and the body weight was significantly related to the cervical muscle strength($p < 0.01$).

차 례

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 방법
 - 1. 연구대상
 - 2. 연구방법
 - 3. 분석방법
- III. 연구결과
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌

I. 서 론

경추 신경근 병변은 임상에서 흔히 보는 질환으로서 전체 신경근 병변의 5~36%를 차지하며 요천추 신경근병변과 더불어 40대 이후에 흔히 볼 수 있는 하부운동신경병증(lower motor neuron disease)의 하나로, 주증상은 아침에 목이 뻣뻣하거나 경추에 통증이 생기면서 관절 가동범위가 제한되고 심해지면 신경근의 병변부위에 따라 상지로의 방사통, 근약증과 근위축을 일으키며(Reynold 등, 1968), 이를 유발하는 원인은 매우 다양하고 이들 환자는 일반적으로 자각적 증상이 심하고 일상생활에서 매우 많은 고통을 받고 있다(문명상, 1971; Caillet, 1981; Jackson, 1966).

근골격계나 혹은 신경계의 병변으로 인하여 근력의 약화가 초래된 경우 근력을 기능적인 수준으로 유지할 수 있거나 혹은 그 수준이상으로 향상시키는 근력강화운동은 물리치료에서 흔히 흔히 사용되는 치료방법이며, 특히 경추의 안정성과 손상방지 및 정상적인 기능의 수행을 위해서는 근력이 매우 중요하고, 그 평가 및 증진에 있어 등척성운동은 이상적 방법 중 하나이며, 임상에서 물리치료사가 근골격질환에 흔히 사용하는 운동치료법 중의 하나이다.

등척성운동은 근육 길이의 변화가 없거나 가시적인 관절의 변화가 없는 정적인 운동(Asmussen, 1963; Davis, 1985; Hislop, 1963)

이며, 물리적인 일(work=force × distance)이 없음에도 불구하고 많은 장력(tension)과, 힘이(force)이 나타난다(Darling, 1971).

현재 임상에서는 경추 신경근병변에 사용하는 치료방법으로 절대안정과 경추 등척성운동 치료(neck isometric exercise), 일상생활에서의 바른자세 및 동작에 대한 교육 등 포괄적 재활 치료를 실시하고 있으므로, 물리치료사는 질병이나, 외상, 비활동성 등의 상황에 수반되는 경추근력의 약화에 대하여 정확한 위치와 정도를 정확히 알아야한다.

근력은 인체를 움직이는 필수적인 요소의 하나이며, 어떤 저항에 대하여 근육이 최대로 발휘 할 수 있는 힘을 말하고 그 크기는 근의 횡단면적에 비례하며(Smidt, 1984), 등척성, 등장성, 또는 등속성으로 측정 될 수 있다(Hislop과 Perrine, 1967; Knapik 등, 1983).

근수축을 측정하는 방법은 일반적으로 도수근력검사법(manual muscle testing), Tensiometry, Ergometry, Integrated Electromyography(IEMG), 등속성운동검사법(isokinetic testing)등 여러 가지가 있으며(Thistle 등 1967), Beasley는 1956년에 물리치료사의 도수근력 검사보다 객관적이고 정확한 근력 검사 도구의 필요성을 주장하였고, 이후에 근력검사서 등속성검사와 Hand-held dynamometer를 사용한 검사방법 등 여러 가지 방법이 보고 되었으며(Edwards와 Hyde, 1977; Marino 등, 1982), 다른 여러 가지 측정 방법들이 복잡하고 장비가 필요하며 환자가 측정장소로 이동해야하는 등의 불편함이 있지만 Hand-held Dynamometer는 간편하고, 비용이 저렴하며 객관적으로 환자의 근력을 측정 할 수 있으며, 어린이나 노약자 또는 병실에 누워 있는 환자의 근력의 변화를 측정하는데 아주 알맞은 기구라고 발표되었다(Smidt, 1990).

지금까지 근력에 대한 연구는 주로 등장성이나 등속성운동에 관하여 많은 연구가 이루어졌으나 등척성에 관한 연구는 미비한 실정이며, 특히 임상적으로 경추근육의 근력이나 생체역학에 대한 객관적인 평가가 되어있지 못한

상태에 있다. 그러므로 본 연구는 현재 임상에서 흔히 사용하는 경추 등척성운동의 중요성을 강조하고, 근력을 측정하여 경추 신경근병변 환자의 재활치료에 도움이 되고자 이 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상은 경추 근골격계질환이나 외상의 과거력이 없는 물리치료과 학생으로 남자 50명, 여자 50명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

경추 등척성 운동시 근력 검사방법은 대상자를 검사대위에 앙와위(supine)와 복와위(prone)상태에서 경추 굴곡근은 Hand-held dynamometer를 양눈썹 사이, 경추 신전근은 후두부 기저부의 중심선에, 외측굴곡근은 이주(tragus of ear)위에 위치하여 6초간 등척성운동을 실시하여 등척성 근력을 측정하였다. 측정방법은 Smidt(1984)가 실시한 방법을 사용하였으며, 피검자가 전체 수축 시간동안 도중에 포기하지 않고 자발적으로 최대 수축을 지속 할 수 있을 만큼 너무 길지도 짧으면서, 운동효과를 나타 낼 수 있는 시간으로 6초가 적당 할 것으로 생각되어 수축 시간을 6초로 고안하였다.

3. 분석방법

수집된 자료는 모두 부호화 하여 개인용 컴퓨터에 입력시켰고 SPSS/PC+를 이용하여 통계처리를 하여 평균 및 표준 편차를 구하였고, paired t-test, t-test, correlation을 이용하여 통계학적 유의성을 검증하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적특성

연구 대상자의 평균연령은 21.9세이었으며 평균체중은 57.5 Kg, 평균신장은 165 Cm이었다.

표 1. 일반적 특성

명	나이	체중(kg)	신장(Cm)
100	21.9±2.6 (18-30)	57.5±8.8 (41-80)	165.0±7.4 (153-184)

2. 경추 등척성운동시 근력

연구대상자를 등척성굴곡과 신전운동시 근력은 굴곡근이 5.7 kg, 신전근 10.5 kg으로 신전근이 굴곡근보다 강한것으로 나타났으며 통계학적으로 유의하였다(p<0.01). 우측 외굴곡근과 좌측 외굴곡근의 등척성운동시 근력은 우측이 6.6 kg, 좌측이 6.5 kg으로 우측과 좌측은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

표 2. 경추 등척성운동시 근력 단위(kg)

	평균	표준편차	t	p
굴 곡 근	5.7±3.2		-19.7	.000
신 전 근	10.5±4.2			
우측외굴곡근	6.6±4.8		0.6	.568
좌측외굴곡근	6.5±4.8			

3. 남자와 여자의 근력비교

남자와 여자의 근력을 비교했을 때 남자가 강한 것으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

표 3. 남자와 여자의 근력비교 단위(kg)

	남자	여자	t	p
굴곡근	8.4±2.1	3.0±1.0	16.5	.000
신전근	14.0±2.6	7.0±1.9	15.4	.000
우측외굴곡근	10.1±4.3	3.1±1.4	10.9	.000
좌측외굴곡근	10.1±4.2	2.9±1.4	11.5	.000

4. 근력과 근력, 체중과 근력의 상관관계

각 근력간과, 근력과 체중간의 상관관계를

보기 위하여 단순 상관분석을 하였다(표 4). 경추 굴곡근과 신전근의 경우 상관계수 r 값이 .8156으로 굴곡근이 강할수록 신전근이 강한 것으로 나타났고, 굴곡근과 우측 외굴곡근은 .6243, 굴곡근과 좌측 외굴곡근은 .6783으로 나타난 것으로 보아 한곳의 근력이 강한 사람은 다른 세곳의 근력도 강한 것으로 나타났으며(p < 0.01), 체중과 근력의 상관관계를 보았을때 체중이 무거울수록 등척성운동시 근력이 강한 것으로 나타났다(P < 0.01).

표 4. 상관관계

	경추굴곡근	경추신전근	우측 외굴곡근	좌측 외굴곡근	체중
경추 신전근	. 8156**				
경추우측외굴곡근	. 6243**	. 7577**			
경추좌측외굴곡근	. 6783**	. 7716**	. 9113**		
체 중	. 6993**	. 6586**	. 5094**	. 4818**	

* P < .01 ** p < .001

IV. 고 찰

경추 신경근병변의 임상적 요인은 주로 염증, 출혈, 인대와 피막의 불안정성, 경추의 골극형성, 경추 추간판의 질환, 경추의 골절과 탈구, 선천성 기형 등을 들 수 있으며(Jackson, 1966), Colachis와 Strohm(1965)은 제 5경추와 제 6경추 사이에서 굴곡과 신전운동이 가장 많이 일어나기 때문에 이 부위가 외상이나 스트레스를 가장 받기 쉬운 곳이라고 보고하였고, Krusen(1968)은 자동차사고를 포함한 외상에 의한 경추부 신경근병변 환자가 점차 증가 추세에 있다고 보고하였다.

경추 신경근병변의 치료는 크게 수술요법과 보존요법으로 나눌 수 있는데 보존적 요법시 사용되는 치료방법 중의 하나인 등척성운동은 중력에 대해 정상적 자세를 유지하는데 매우 유용하며, 다른 운동에 비해 특별한 기구없이 손쉽게 신체의 거의 모든 근육에서 시행하는 것이 가능하고 비교적 시간이 적게들며, 운동

으로 인한 근육통 유발 등의 문제점을 배제할 수 있고, 근육이 수축하는동안 관절의 움직임이 없으므로 움직임으로 인한 통증이나 부종을 최소화 할 수 있어서 초기 재활치료에서 많이 사용되는 운동방법으로 근위축을 예방 할 수 있으며, 움직임 자체가 금기인 관절의 운동에도 적합하고(Delisa, 1988 ; Larsson 등, 1978), 근육을 정적수축 시켜 근육펌프의 역할을 하여 정맥회귀혈(venous return)의 순환을 도와 부종을 제거하고, 관절낭이나 주위의 인대조직의 기계적수용기(mechoreceptor)를 자극시키나, 심혈관계의 작용으로 혈압을 상승시키고 심장 질환이 있는경우 심실성 부정맥을 일으킬 수 있으므로 임상에서 적용시 주의가 필요하다(Mangine 등, 1992).

윤태식 등(1991)은 근력 평가 및 치료 목적으로 등척성운동을 시행 할 경우 근육수축과 다음 수축간의 시간 간격을 2~3분으로 하면 다음 수축에 영향을 줄 수 있는 심혈관계의 영향을 배제시킬 수 있으며 등척성운동및 평가시 그 수축시간을 6초간 지속하는 것이 적당하다

고 하였다.

환자의 비활동성은 근력과 지구력 등에 많은 영향을 미치므로, 환자의 완전한 비활동성은 1주일에 근력이 10~15% 감소하며 3~5주 사이에 50%가 감소하고, 약 2달후에는 근육의 둘레(muscle bulk)가 원래 둘레의 절반으로 감소하며(Muller, 1970), 비활동성 6주후에 전자현미경으로 보면 근섬유에 지방성분과 섬유조직이 늘어나는 퇴행성변화가 나타나는 조직학적인 변화를 볼 수 있으며(Booth 와 Gollnick, 1983; Miller, 1975), 운동치료를 적당한 강도와, 횟수, 기간 등으로 실시하면 환자의 기능적 능력의 증진과 근력의 약화와 근위축을 방지할 수 있는 생리학적 자극이 되며(Saltin 과 Rowell, 1980), 최대 근력의 65-75%의 운동을 하면 근력약화의 비율을 1주에 6%로 감소시킬 수 있으며(Muller, 1970), 등척성운동은 근력을 증가시킬수있는 운동이다(Greenleaf, 1982; Greenleaf 등, 1973).

등척성운동 수축시간에 대해서는 이전의 연구자들이 서로 다른 등척성 수축시간 및 기간에 대한 운동효과를 보고 하였으며, 1950년대 Hettinger와 Muller(1953)는 근력강화를 위한 등척성운동은 1회에 5~6초, 하루에 1번, 1주일에 5~6회 시행을 주장하였고, Liberson(1978)은 1회시행시, 최대 등척성수축을 5~10회 짧게 실시하며 1주일에 5일 실시를 주장하였으며, 최대 근력의 20~30%를 하루에 2~3초만 수축시켜도 근력을 유지 할 수 있으며, 건강한 사람은 최대근력의 절반정도만 하루에 1초만 수축시켜도 효과적이라는 연구도 있고(Stremel 등, 1976; Stremel 등, 1974), Kuprian(1982)은 등척성수축은 최대수축의 40% 정도를 하루에 3~5회, 6~10초 정도시행하면 근위축 예방에 충분하다고 하였으며 등척성수축을 손상 후, 고정시 3~4일후에 실시하면 근력의 약화를 막을 수 있으며, 현재 재활치료에서 시행되고있는 등척성수축은 근력강화에 효과적이라고 하였다.

Bohannon(1986)은 30명의 신경 손상환자들

의 근력을 3회 측정하여 Hand-held dynamometer의 신뢰성이 높음($p < 0.01$)을 주장하였으며, Bohannon 등(1987)은 편마환자의 경직(spasticity)과 근력과의 관계를 Hand-held dynamometer를 이용하여 측정하였으며, Wadsworth 등(1987)은 도수 근력검사와 Hand-held dynamometer를 이용한 근력측정을 하여 두 방법이 신뢰도가 높음을 주장하였으며, Johnson(1982)은 Cybex를 이용하여 연령변화에 따른 등척성과 등속성의 근력과 지구력변화를 연구하여 연령이 많은 집단과 젊은 집단에서 등척성이나 등속성의 근력의 차이는 있으나 지구력의 차이는 없다고 발표하였으며, Petrovsky와 Lind(1975)는 악력 등척성수축(isometric hand grip)시 연령과 신체지방분포에 따른 근력과 지구력, 심혈관계의 변화를 보았으며 연령이 증가할수록 근 지구력이 증가하였으나 체중이 증가할수록 등척성 지구력은 감소하였다고 하였으며, Hulten 등(1978)은 19명을 대상으로 등척성 지구력과 근육의 종류를 조사한 결과 지구력이 증가할수록 저속근 섬유(slow twitcher fiber)가 고속근 섬유(fast twitcher fiber)보다 증가 하였음을 발견하였다.

운동시 유발되는 근력은 해부학적, 역학적 그리고 생리학적 여러 인자들, 즉 근육의 횡·단면적, 길이-장력관계, 연령, 신장 및 체중 등에 의하여 영향을 받게된다(Alexander와 Monlar, 1973; Dibrezzo 등, 1985; Murray 등, 1977).

본 연구에서 Hand-held dynamometer를 이용하여 경추 각 근육을 등척성수축을 시켰을 때 굴근은 5.7 kg, 신전근 10.5 kg으로 신전근이 강한 것으로 나타났으며($p < 0.01$), 좌,우측 외굴곡근은 근력에서는 유의한 차이가 없었으며, 각 근력은 남녀간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 또 체중이 증가할수록 경추 근육의 등척성 근력이 증가하는 것으로 나타났으며($p < 0.01$), 굴곡근이 강한 사람은 역시 신전근, 외굴곡근이 강한 것으로 나타난것으로 보아, 즉 어느 한곳의 근력이 강하면 다른 세곳의 근

력도 강한 것으로 나타났다($p < 0.01$).

Rubin(1960)은 경추 신경근병변 환자의 바르지 못한 자세가 통증을 악화시키며 쉽게 피로감을 초래하기 때문에 증세악화와 재발방지를 위한 일상생활 동작에 대한 교육이 치료에 필수적이라고 강조하였으며, 윤태식 등(1987)은 경추 신경근병변 환자의 치료로 환자에게 모든치료의 목적과 중요성을 충분히 이해시키고 증세의 악화와 재발방지를 위하여 일상생활에서의 바른자세와 동작 및 경추 등척성운동의 실시와 교육에 중점을 두어야 한다고 주장하였다. 본 연구는 정상인을 대상으로 경추 등척성운동시 근력을 검사하였으나 앞으로의 연구는 환자를 대상으로 등척성운동전과 일정기간 등척성운동후 근력의 변화를 측정하는 방향으로 진행하면 좋을 것 같다.

V. 결 론

본 연구는 경추 근골격계 질환이나 외상의 과거력이 없는 물리치료과 학생을 대상으로 남자 50명, 여자 50명을 대상으로 경추 등척성운동시 경추 굴곡근, 신전근, 우측 외굴곡근, 좌측 외굴곡근의 근력을 Hand-held dynamometer로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연구대상자의 등척성운동시 근력은 굴곡근 5.7 kg, 신전근 10.5 kg으로 나타났으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.01$), 우측 외굴곡근은 6.6 kg, 좌측 외굴곡근은 6.5 kg으로 유의한 차이가 없었다.
2. 남자와 여자의 근력을 비교했을 때는 유의한 차이가 있었다($P < 0.01$).
3. 각 근력간과, 체중과 근력간의 상관관계를 보았을 때 굴곡근이 강한 사람은 신전근, 외측굴곡근이 강한 것으로 나타난 것으로 보아($p < 0.01$), 한곳의 근력이 강하면 다른 세곳의 근력도 강한 것으로 나타났으며, 체중이 무거울수록 근력도 강한 것으로 나타났다($p < 0.01$).

참 고 문 헌

1. 문명상 : 건통 및 관련통에 대하여. 대한정형외과 학회지 6 : 1-9, 1971.
2. 윤태식, 문재호, 신정순 : 경추부 신경근병변의 재활치료에 관한 연구. 대한재활의학회지 11 : 130-139, 1987.
3. 윤태식, 김애영, 김주섭, 신정순 : 슬관절 등척성수축시 우력양상과 심혈관계에 미치는 영향. 대한재활의학회지 4 : 387-397, 1991.
4. Alexander J, Monlar GE : Muscular strength in children : Preliminary report on objects standards. Arch Phys Med Rehabil 54 : 424-427, 1973.
5. Asmussen, E : Muscular performance. In Rodahl, K and Howath, S : Muscle as a tissue. McGraw-Hill, New York, 1963.
6. Bohannon RW : Test-retest reliability of Hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. Phys Ther 66 : 206-209, 1986.
7. Bohannon RW, Larkin PA, Smith MB, Horton MG : Relationship between static muscle strength deficits and spasticity in stroke patients with hemiparesis. Phys Ther 67 : 1068-1071, 1987.
8. Booth FW, Gollnick PD : Effects of disuse on the structure and function of skeletal muscle. Med Sci Sports Exerc 15 : 415-420, 1983.
9. Calliet R : Neck and arm, 2nd ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, 1981.
10. Colachis SC, Jr, Strohm BR : Radiographic studies of cervical spine motion in normal subjects : Flexion and hyperextension. Arch Phys Med Rehabil 46 : 753-760, 1965.
11. Darling RC : Exercise. In Downey, J and Darling, RC(eds) : The physiological basis of rehabilitation medicine. WB Saunders, Philadelphia, 1971.

12. Davis, GJ : A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation technique, 2ed. S & Publishing, La Crosse, WI, 1985.
13. Delisa JA : Rehabilitation medicine : principles and practice. Philadelphia, J. B Lippincott Co, 1988, pp 335–363.
14. Dibrezzo R, Gench BE, Hinson MM, King J : Peak torque values of the knee extensor and flexor muscles of female. *J Orthop Sports Phys Ther* 7 : 65–68, 1985.
15. Edwards RHT, Hyde S : Method of measuring muscle strength and fatigue. *Physiotherapy* 63 : 51–55, 1977.
16. Greenleaf JE, and Kozlowski S : *Exerc Sports Sci Rev* 10 : 83–119, 1982.
17. Greenleaf JE, Young HL, Bernauer, EM, et al : Effects of isometric and isotonic exercise on body water compartment during 14days bed rest. Washington, D. C., Aerospace Med Assoc Preprint, 1973, pp 23–24.
18. Hettinger T, Muller, EA : Muskelleistung und Muskeltraining. *Arbeitsphysiol* 15 : 111, 1953.
19. Hislop, HJ : Quantitative changes in human muscular strength during isometric exercise. *Phys Ther* 43 : 21, 1963.
20. Hislop HJ, Perrine JJ : The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther* 47 : 114–117, 1967.
21. Hulten B, Thorstensson A, Sjodin B, et al : Relationship between isometric endurance and fiber types in human leg muscles. *Acta Physiol Scand* 93 : 135–138, 1978.
22. Jackson R : The cervical syndrome, 3rd ed. Charles C Thomas Publisher, Springfield, 1966.
23. Johnson T : Age-related difference in isometric and dynamics strength and endurance. *Phys Ther* 62 : 985–989, 1982.
24. Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun J : Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscles group through a range of joint motion. *Phys Ther* 63 : 938–947, 1983.
25. Krusen EM : Cervical pain syndromes. *Arch Phys Med Rehabil* 49 : 376–382, 1968.
26. Kuprian W, ed : Physical Therapy for Sports. Philadelphia : WB Saunders, 1982.
27. Larssen L, Sjodin B, Karlsson J : Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscles with age in sedentary males, age 22–65 years. *Acta Physiol Scand* 103 : 31–39, 1978.
28. Liberson, WT : Brief isometric exercise. In Basmajian, JV (ed) : *Therapeutic Exercise*, 3 ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1978.
29. Mangine R, Heckmann TP, Eldridge VL : Improving Strength, Endurance, Power, *Phys Ther* 745–748, 1992.
20. Marino M, Nicholas J, Gleim GW, et al : The efficacy of manual assessment of muscle strength using a new device. *AM J Sports Med* 10 : 360–364, 1982.
21. Mille MG : Iatrogenic and neurogenic effects of prolonged immobilization of the ill aged. *J Am Geriatr Soc* 23(8) : 360–369, 1975.
32. Muller EA : Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil* 51 : 449–462, 1970.
33. Murray MP, Baldwin JM, Gardner GM, Sepic SB, Downs WJ : Maximum isometric knee flexor and extensor muscle contractions : Normal patterns of torque versus time. *Phys Ther* 57 : 637–643, 1977.
34. Petrovsky JS, Lind AR : Isometric strength and the blood pressure and heart rate responses during isometric exercise in healthy men and women, with special reference to age and body fat content. *Pflugers Arch* 360 : 49–61, 1975.
35. Reynolds GG, Pavot AP, Kernrick MM : Electromyographic evaluation of patients with post-traumatic cervical pain. *Arch Phys Med Rehabil* 49 : 170–172, 1968.
36. Rubin D : Cervical radiculities : Diagnosis and treatment. *Arch Phys Med Rehabil* 41 : 580–

- 586, 1960.
37. Saltin B, Rowell LB : Functional adaptation to physical activity and inactivity. *Fed. Proc.* 39 (5) : 1506–1513, 1980.
 38. Smidt GL : Biological and mechanical considerations in strength testing. *Muscle strength testing*. 2nd ed. Spark instrument & Academic Inc, 1984, pp1, pp 121–123.
 39. Smidt GL : *Hand-held Dynamometer user guide*, Muscle testing system, Spark Instrument & Academic Inc pp1–2, 1990.
 40. Stremel RW, Convertino VA, Bernauer EM, and Green leaf JE : Cardiorespiratory deconditioning with static and dynamic leg exercise during bed rest. *J Appl Physiol* 41(6) 905–909, 1976.
 41. Stremel RW, Convertino VA, Greenleaf JE, Bernauer EM : Response to maximal exercise after bed rest (Abstract)*Fed Proc* 33 : 327, 1974.
 42. Thistle HG, Hislop JH, Mafford M : Isokinetic contraction : A new concepts of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 48 : 279–282, 1967.
 43. Wadsworth CT, Krishnan R, Sear M, Harrold JH, Nielsen DH : Intrarater reliability of manual muscle testing and Hand-held dynametric muscle testing. *Phys Ther* 67 : 1342–1347, 1987.