

정상인과 편마비환자에서 주관절 굴근과 신근의 근력양상

연세대학교 의과대학 재활의학교실

신지철 · 윤태식 · 전세일 · 김민영 · 임길병

=Abstract=

Strength of Elbow Flexors and Extensors in Normal and Hemiplegic Subjects

Ji Cheol Shin, M.D., Tae Sik Yoon, M.D., Sae-il Chun, M.D.,
Min Young Kim, M.D. and Kil Byung Yim, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Hemiplegic patients have limitations in carrying out activities of daily living because of weakness, spasticity, and abnormal synergy patterns of movement. Even though there is common agreement on the importance of muscle strength, sufficiently objective information on muscle strength and patterns of weakness in hemiplegic patients, elbow flexors and extensors in particular, is still relatively lacking. Therefore, the purpose of this study was to determine the strength and the strength ratio for elbow extensors and flexors of hemiplegia to provide a guideline for rehabilitation of hemiplegic patients.

Isometric test was performed at a joint angle of 90°, and isokinetic test at an angular velocity of 60°/sec, using an isokinetic dynamometer, Cybex 340. Thirty normal subjects (control group) and sixteen hemiplegic subjects(patient group) were participated in this study.

The results are as follows:

1) In the control group, there was a significant difference in isometric and isokinetic strengths at the elbow joint by sex($p < 0.01$), but, no significant difference in extensor to flexor strength ratio by sex.

2) In the patient group, the isometric and isokinetic torque values for flexors and extensors were significantly lower than in the control group($p < 0.01$). The extensor to flexor strength ratio in the isometric mode was 135.3% in the patient group compared with 82.9% in the control group, a significant difference($p < 0.01$). There was also a significant difference in isokinetic test, with the patient group strength ratio showing 141.5% compared with 95.7% in the control group.

According to the above results, the strength ratio is a useful parameter for evaluating joint function and guiding treatment of hemiplegia.

Key Words: Hemiplegia, Elbow, Strength, Strength ratio

서 론

뇌졸중으로 인한 편마비환자는 수의적 운동능력 감소, 근력 약화, 경직 등으로 인하여 일상생활에 제한이 있으며^{10, 12, 15, 33, 36}, 여러 연구에서 편마비환자의 재활치료에 근력증진을 위한 운동프로그램을 신경발달치료와 함께 시행하여 근력의 증가를 강조하고 있다^{9, 17, 26}.

일반적으로 상지에서 굴근의 근력은 신근에 비하여 높다고 알려져 왔으며^{13, 28}, Moskowitz²⁹는 편마비환자에서 관찰되는 주관절의 굴곡위자세(flexion posture)는 상완삼두근에 비하여 상완이두근과 상완요골근이 초기에 회복되기 때문이라고 하였으나, 1986년 Colebatch¹⁵은 편마비환자를 대상으로 환측 주관절에 대한 등척성 검사를 관절각도 90도에서 시행하여 주관절 굴근보다 신근의 근력이 높으며, 좌우측이나 성별에 영향을 받지 않는 굴근에 대한 신근의 근력비를 치료지침으로 사용할 것을 주장하였다. 한편, 1987년 Bohannon과 Smith¹⁰는 주관절의 등척성 검사를 시행하여 건측에 대한 환측의 근력 감소율이 굴근과 신근에서 차이가 없었다고 보고하였다.

등속성 운동기구를 이용한 등척성 및 등속성 운동검사는 근력을 객관적으로 평가함으로써 높은 유효성과 신뢰성이 있으며^{8, 19, 34}, 근력증진에 효과적인 방법인데^{27, 37}, 우리나라에서는 정상인과 근골격계 질환 등에 대한 등속성 및 등척성 운동검사는 많이 시행되었으나^{1, 2, 5, 35}, 아직까지 뇌졸중환자에게 시행한 경우는 하지를 대상으로 한 연구³ 이외에 상지에 대한 연구는 드문 실정이다.

이에 본 연구는 편마비환자의 주관절 굴근과 신근의 근력약화의 정도 및 근력의 분포양상을 등속성 운동기구로써 등척성 및 등속성 검사를 시행하여 이를 정상대조군과 비교함으로써 편마비환자에 대한 재활치료의 방향설정에 도움을 주고자 하였다.

대상 및 방법

정상대조군으로 근골격계 질환의 기왕력이 없는 40세 이상의 건강한 성인남녀 30명(남: 16, 여: 14명)을 대상으로 하였으며, 환자군은 뇌졸중으로 인한 편마비환자 16명(남: 12, 여: 4명)을 대상으로 하였다. 평균

Table 1. Physical Characteristics of Subjects

Characteristics	Control group	Patient group
Age(yrs)	52.1 ± 8.0	54.6 ± 10.0
Weight(lbs)	135.7 ± 15.8	142.1 ± 13.9
Height(cm)	161.8 ± 6.5	165.8 ± 7.2

Values are given as mean ± S.D.

연령은 정상대조군이 52.1세, 환자군이 54.6세 이었으며, 평균체중은 각각 135.7 lbs, 142.1 lbs, 평균신장은 각각 161.8 cm과 165.8 cm으로서 두 군간에 유의한 차이는 없었다(Table 1).

환자군으로는 첫째, 심부건반사 항진과 근긴장의 증가 등 상부운동신경질환의 특성을 보이며, 둘째, 주관절 운동범위의 제한이 없이 60°/sec의 각속도에서 등속성 운동검사를 시행할 수 있는 건관절의 운동성과 주관절의 근력이 있고, 셋째 협조가능한 뇌졸중 환자들을 대상으로 하였다. 이들의 이환기간은 1개월에서 28개월(평균 9.6개월), 뇌졸중의 원인은 경색이 8례, 출혈이 8례이었으며, 마비측은 좌, 우 각각 11례와 5례이었다.

주관절 굴근과 신근에 대한 등척성 및 등속성 운동검사는 등속성 운동기구인 Extremity Testing and Rehabilitation System, Model No. Cybex 340(Cybex Division of Lumex Inc., New York, U.S.A.)을 이용하였다. 등척성 검사는 관절각도 90도에서 시행하였으며, 피검자를 편안히 앉힌 상태에서 건관절은 90도 굴곡 및 30도 외전하고, 전완은 회외하여 주관절을 설치된 운동대에 고정되도록 고정하였으며, 주관절 중심이 기계운동축에 일치되게 한 후, 먼저 검사방법의 설명과 함께 관절각도 90도에서 등척성 검사를 시험실시하도록 하고, 3~5분 휴식후 6초간 최대로 수축하도록 하였으며, 신근 다음 굴근의 순서로 같은 과정을 2회 실시하였다. 등속성 검사는 각속도 60°/sec에서 4회 연속으로 시행하였으며, 검사시는 상체의 충분한 고정을 위하여 두명의 검사자가 대상자의 건관절 및 체간을 고정시켰고, 정상대조군에서는 우성(dominant)측을, 환자군에서는 건측을 먼저 실시하였다. 우성측은 글씨쓰기나 식사시 사용하는 손으로 정의하였다.

검사결과는 등척성 검사시 굴근과 신근 각각의 최대

등척성 우력치와 이에 도달하는 시간 및 굴근에 대한 신근의 근력비(신근/굴근×100)를 측정하였고, 등속성 검사에서도 굴근과 신근 각각의 최대 등속성 우력치, 관절각도 90도에서의 등속성 우력치 그리고 이들에 따른 굴근에 대한 신근의 근력비를 측정하였으며, 정상대조군과 편마비환자군에 대하여 개인용 컴퓨터의 SPSS 프로그램⁴⁾으로 비교분석하였다.

결 과

1) 정상대조군의 등척성 운동검사

정상대조군의 등척성 검사에서, 신근의 평균 최대우력치는 남자가 22.8ft-lbs, 여자가 14.4ft-lbs로 남녀

Table 2. Results of Isometric Test in Control Group

	Male (n=16)	Female (n=14)
Extensor		
Peak torque(ft-lbs)	22.8± 4.6	14.4± 3.1*
Time to peak torque(sec)	0.9± 0.3	0.9± 0.2
Flexor		
Peak torque(ft-lbs)	28.5± 6.1	17.1± 2.9*
Time to peak torque(sec)	1.0± 0.3	1.0± 0.3
E/F Ratio(%)*	81.0±13.7	85.1±15.8

*: Ratio of extensor/ flexor peak torque
Values are given as mean±S.D.
*p<0.01

Table 3. Results of Isometric Test in Control Group

	Dominant	Nondominant
Extensor		
Peak torque(ft-lbs)	19.6± 5.7	18.1± 5.9
Time to peak torque(sec)	0.9± 0.2	0.8± 0.3
Flexor		
Peak torque(ft-lbs)	24.0± 7.5	22.4± 7.6
Time to peak torque(sec)	0.9± 0.4	1.0± 0.3
E/F Ratio(%)*	83.4±15.9	82.5±13.7

*: Ratio of extensor/ flexor peak torque
Values are given as mean±S.D.

간에 유의한 차이가 있었으며(p<0.01), 굴근에서도 평균 최대우력치는 남자가 28.5ft-lbs, 여자가 17.1ft-lbs로 역시 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 그러나, 굴근에 대한 신근의 근력비는 각각 81.0%와 85.1%로 유의한 차이가 없었으며, 최대우력치에 이르는 시간도 성별에 따른 유의한 차이 없이 신근에서 평균 0.9초, 굴근에서 1.0초이었다(Table 2).

Table 4. Results of Isokinetic Test in Control Group

	Male (n=16)	Female (n=14)
Extensor		
Peak torque(ft-lbs)	17.6± 3.8	12.0± 2.7*
Torque at 90°(ft-lbs)	14.1± 3.7	9.0± 2.4*
Angle at peak torque(°)	40.6± 9.8	35.8± 9.7
Flexor		
Peak torque(ft-lbs)	19.0± 3.7	12.2± 2.7*
Torque at 90°(ft-lbs)	17.5± 3.4	11.0± 2.1*
Angle at peak torque(°)	83.8±13.9	81.8±15.0
E/F Ratio*	93.1±13.7	98.6±13.1
E.F Ratio* at 90°	80.6±16.2	83.2±16.9

*: Ratio of extensor/flexor peak torque(%)
Values are given as mean±S.D.
*p<0.01

Table 5. Results of Isokinetic Test in Control Group

	Dominant	Nondominant
Extensor		
Peak torque(ft-lbs)	15.7± 4.7	14.2± 3.9
Torque at 90°(ft-lbs)	12.5± 4.5	11.0± 3.4
Angle at peak torque(°)	38.8± 9.8	37.9±10.2
Flexor		
Peak torque(ft-lbs)	16.7± 4.9	15.1± 4.4
Torque at 90°(ft-lbs)	15.1± 4.5	13.9± 4.2
Angle at peak torque(°)	84.0±16.7	81.7±11.7
E/F Ratio*	95.4±13.6	95.9±13.9
E/F Ratio* at 90°	82.7±17.1	80.9±16.0

*: Ratio of extensor/flexor peak torque(%)
Values are given as mean±S.D.

또한, 정상대조군에서 우성측과 비우성측에 따른 신근 및 굴근의 최대우력치, 이에 이르는 시간 및 굴근에 대한 신근의 근력비는 유의한 차이가 없었다 (Table 3).

2) 정상대조군의 등속성 운동검사

정상대조군에서 신근의 평균 최대 등속성 우력치는 남자가 17.6ft-lbs, 여자가 12.0ft-lbs로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.01$), 90도에서의 평균 우력치도 남자에서 유의하게 높았으나($p < 0.01$), 굴근에 대한 신근의 근력비는 남자가 93.1%, 여자가 98.6%, 90도에서의 근력비는 각각 80.6%와 83.2%로서 성별에 따른 유의한 차이가 없었다. 그리고 최대우력치를 나타내는 관절각도는 굴곡시 남녀 각각 83.8도와 81.8도, 신전시 40.6도와 35.8도로 성별에 따른 유의한 차이는 없었다(Table 4). 그리고, 우성측과 비우성측에 의한 최대우력치와 근력비, 90도에서의 우력치와 근력비는 유의한 차이가 없었다(Table 5).

3) 정상대조군과 환자군의 등척성 운동검사

신근의 평균 최대 등척성 우력치는 정상대조군이 18.9ft-lbs, 환자군의 전측이 18.8ft-lbs인데 비하여 환측에서는 12.9ft-lbs로 유의하게 낮았으며($p < 0.01$), 최대 우력치에 이르는 시간도 환자군의 환측에서만 1.3초로 유의하게 느렸다($p < 0.05$). 굴근에서도 평균 최대 등척성 우력치는 정상대조군이 23.2ft-lbs, 환자군의 전측이 21.5ft-lbs인데 비하여 환측에서는

11.0ft-lbs로 유의하게 낮았으며($p < 0.01$), 이에 이르는 시간도 역시 환자군의 환측에서만 1.4초로 유의하게 느렸다($p < 0.01$). 그리고 굴근에 대한 신근의 근력비는 대조군이 82.9%, 환자군의 전측이 89.3%로 유의한 차이가 없었으나, 환자군의 환측에서는 굴근의 근력감소가 신근보다 현저하여 근력비는 135.3%로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$)(Table 6).

4) 정상대조군과 환자군의 등속성 운동검사

신근의 평균 최대 등속성 우력치는 정상대조군이 15.0ft-lbs, 환자군의 전측이 13.9ft-lbs인데 비하여, 환측에서 8.6ft-lbs로서 유의하게 낮았으며($p < 0.01$), 관절각도 90도에서의 우력치도 환측에서만 유의하게 낮았다($p < 0.01$). 굴근의 경우에서도 마찬가지로 최대 등속성 우력치 및 90도에서의 우력치가 환자군의 환측에서만 유의하게 낮았다($p < 0.01$). 최대 등속성 우력치의 근력비는 대조군이 95.7%, 환자군의 전측은 90.6%로 유의한 차이가 없었으나 환측에서만 141.5%로 유의하게 증가하였으며($p < 0.01$), 관절각도 90도에서의 근력비도 환측에서만 유의하게 증가하였다($p < 0.01$)(Table 7).

고 찰

본 연구에서 정상대조군의 경우 우성측과 비우성측에 따른 최대 등척성 및 등속성 우력치는 유의한 차이가 없었는데, Askew등⁷⁾은 등척성 검사에서 마찬가지로

Table 6. Comparison of Isometric Test between Control and Patient Groups

	Normal (n=60)	Patients(n=16)	
		Uninvolved	Involved
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	18.9 ± 5.8	18.8 ± 6.3	12.9 ± 5.0*
Time to peak torque(sec)	0.9 ± 0.3	1.1 ± 0.2	1.3 ± 0.5**
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	23.2 ± 7.5	21.5 ± 7.0	11.0 ± 5.9*
Time to peak torque(sec)	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.4*
E/F Ratio [‡]	82.9 ± 14.8	89.3 ± 20.2	135.3 ± 56.6*

[‡] Ratio of extensor/flexor peak torque(%)

Values are given as mean ± S.D.

* $p < 0.01$

** $p < 0.05$

Table 7. Comparison of Isokinetic Test between Control and Patient Groups

	Normal (n=60)	Patients(n=60)	
		Uninvolved	Involved
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	15.0± 4.4	13.9± 4.9	8.6± 4.2*
Torque at 90°(ft-lbs)	11.7± 4.0	11.5± 3.8	7.0± 3.6*
Angle at peak torque(°)	38.4±10.0	38.0± 6.0	36.5±13.9
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	15.8± 4.7	15.5± 5.1	6.6± 3.7*
Torque at 90°(ft-lbs)	14.5± 4.3	14.4± 4.6	5.3± 3.3*
Angle at peak torque(°)	82.9±14.3	80.9±10.3	78.6±12.1
E/F Ratio [*]	95.7±13.6	90.6±13.7	141.5±46.5*
E/F Ratio [*] at 90°	81.8±16.5	79.9±14.4	157.3±64.2*

*: Ratio of extensor/flexor peak torque(%)

Values are given as mean ± S.D.

*p<0.01

의 결과를 보고하였다. 그러나, 등속성 우력치의 경우에 Frontera²⁰⁾은 차이가 없다고 하였고, 한과 김⁵⁾은 60°/sec에서는 차이가 없었지만 180°/sec에서는 유의한 차이가 있었다고 보고하였으며, 강등¹⁾은 두 속도에서 모두 유의한 차이가 있어 남자에서는 우성측에서, 여자에서는 비우성측의 우력치가 유의하게 높다고 보고하였다. 이러한 차이는 검사기계, 검사방법 및 대상자의 연령차이 때문이라고 생각한다.

굴근과 신근의 등척성 및 등속성 우력치는 모두 남자가 여자보다 높았으며 성별에 대한 다른 연구들의 결과와 일치하였다^{1,5,6,16,20,25,30)}. 그러나 굴근과 신근의 평균 최대 등척성 및 등속성 우력치는 강등¹⁾과 한과 김⁵⁾의 결과에 비하여 낮았는데, 이러한 결과는 본 연구에서 대상자의 평균연령이 52.4세로 높았기 때문이라고 생각한다.

굴근에 대한 신근의 등척성 근력비는 성별의 차이 없이 약 83%로 일정하였는데, 이전의 다른 보고와 유사하였으며^{7,24,25)}, 등속성 검사에서 최대 우력치의 근력비는 남자가 93.1%, 여자가 98.6%로 여자에서 증가하였지만 통계학적 유의성은 없었다.

Knapik과 Ramos²⁴⁾는 저속도에서의 등속성 우력은 등척성 우력의 약 80%정도에 해당하는 유의한 상관관계가 있다고 하였으며, 본 연구에서도 최대 우력치는 모든 경우에 등척성 검사에서 더 높은 값을 나

타내었다. 그리고 굴근에 대한 신근의 최대 우력치에 의한 근력비는 등속성 검사에서 95.7%로서 등척성 검사의 82.9%에 비하여 높았는데, 이는 두 경우의 운동시 활성화되는 근섬유의 종류가 다르며, 등속성 검사시 최대 우력치를 보이는 관절각도가 다르고, 주관절 90도 굴곡상태에서 주로 작용하는 굴근의 근력이 등척성 운동시 더욱 강하기 때문으로 설명할 수 있다^{1,14,25,31)}. 그러나 등속성 검사시 관절각도 90도에서의 근력비가 81.8%로 등척성 근력비와 유사한 것으로 보아 같은 관절각도에서의 근력비는 유사한 것으로 생각한다.

이상의 결과에서 굴근에 대한 신근의 근력비는 등척성 검사 및 등속성 검사에서 성별이나 우성 또는 비우성에 관계없이 일정하였으므로, 근력의 평가시 이 근력비의 측정이 매우 중요할 것으로 생각하며, 등속성 운동기구를 사용하여 우력과 근력비 등을 측정함으로써 병소부위의 객관적 평가와 운동치료의 방향을 제시할 수 있으므로 도움이 될 것으로 생각한다.

상지의 근력약화는 편마비환자의 일상생활에 장애를 초래하며, Bohannon¹¹⁾은 편마비환자의 상지기능에 관련된 요소들을 연구하여 근력의 중요성을 밝히고 편마비환자의 운동치료시 근긴장의 감소보다도 주동근(agonist)의 활성화에 주력해야 한다고 하였으며, Gowland²¹⁾는 뇌졸중환자의 기능회복에 관여하는 여

러 인자들중 마비의 정도가 가장 중요한 요소이라고 하였다. 본 연구의 환자군에서는 건측에 비하여 환측의 근력이 모두 유의하게 감소하였는데, 등척성 검사에서 굴근은 48.8%, 신근은 31.4%의 근력감소가, 등속성 검사에서는 굴근이 57.4%, 신근이 38.1%의 근력감소가 관찰되었으며, 굴근에서의 감소정도가 신근에 비하여 현저하여 근력비가 증가하였다. 뇌졸중환자의 근력비에 대하여 Bohannon과 Smith¹⁰⁾는 유의한 변화가 없었다고 하였으나, Watkins등³⁶⁾은 슬관절에 대한 등속성 운동검사를 시행하여 환측에서 굴근에 대한 신근의 근력비가 증가하였다고 보고하였고, Colebatch등¹⁵⁾도 편마비환자의 주관절에 등척성 운동검사를 시행하여 굴근에 대한 신근의 근력비가 증가하였다고 보고하였으며, 본 연구에서도 등척성과 등속성 검사에서 굴근에 대한 신근의 근력비가 모두 증가하였다.

이러한 근력비의 증가는 첫째, 편마비 상지의 지속적인 굴곡상태로 인하여 안정시 굴근의 길이단축에 따라 길이-장력 관계(length-tension relation)에서의 변화가 일어나기 때문이며³²⁾, 둘째, 주관절 신근과 굴근의 협동수축(co-contraction)이나 굴근의 협조운동양상(flexor synergy pattern)이 굴근에서 과도한 신전반응(stretch reflex)을 유발하여 굴근의 근력약화 현상을 초래한 것으로 생각한다^{18,23)}. 또한 Kasser와 Cheney²²⁾는 원숭이의 주관절 굴근에 분포하는 대뇌-척수신경 섬유수의 수가 신근보다 많다고 하였으므로, 상부운동신경의 병변시 굴근측 신경섬유에서 더욱 큰 영향을 받아 이러한 결과를 초래한 것으로 생각한다³⁰⁾. 그리고 편마비환자가 상지를 보통 굴곡자세로 취하는 굴근협조작용 양상은 굴근의 근력이 더 우세하기 때문이 아니라 목-미로 반사(neck-labyrinthine reflex)에 의한 것이라고 생각할 수도 있을 것이다^{15,16)}.

본 연구는 정상대조군과 편마비 환자군에서 나타나는 주관절 굴근과 신근의 근력 및 근력분포 양상을 평가하였으며, 편마비 환자의 재활치료에는 정상적인 굴근과 신근의 근력분포를 이루기 위하여 굴근의 근력강화가 필요하다고 생각한다.

결 론

연세대학교 의과대학 재활의학교실에서는 편마비환

자 16명과 연령이 일치된 정상성인 30명을 대상으로 Cybex 340을 이용하여, 관절각도 90도에서 주관절에 대한 등척성 검사와 각속도 60°/sec에서 주관절의 등속성 검사를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 정상대조군에서 등척성 및 등속성 우력치는 성별에 따른 유의한 차이가 있었으나($p < 0.01$), 굴근에 대한 신근의 근력비는 성별 및 우성측과 비우성측에 따른 유의한 차이는 없었다.

2) 환자군의 환측에서 등척성 및 등속성 우력치는 정상대조군과 환자군의 건측에 비하여 유의하게 낮았으며($p < 0.01$), 굴근에 대한 신근의 근력비도 유의하게 증가하였다($p < 0.01$).

이상의 결과로 보아 정상대조군의 근력비는 등척성 및 등속성 운동시 일정하였으며, 환자군의 환측에서는 신근보다 굴근의 근력감소가 현저하여 근력비가 변하는 것을 알 수 있었다. 따라서 편마비환자의 재활치료에 있어서 주관절의 굴근의 근력강화가 필요하며, 치료목표의 설정이나 효과판정에 있어서 최대우력치와 함께 굴근에 대한 신근의 근력비를 이용하는 것이 도움이 된다고 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 강세운, 박주현, 황지혜: 주관절 신근 및 굴근의 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지 15: 34-39, 1991
- 2) 윤태식, 김애영, 김주섭, 신정순: 슬관절 등척성 수축시 우력 양상과 심혈관계에 미치는 영향. 대한재활의학회지 15: 387-97, 1991
- 3) 전중선, 신정순, 전세일: 편마비환자에 대한 등속성 운동치료의 효과. 대한재활의학회지 15: 57-66, 1991
- 4) 채서일, 김범중: SPSS/PC+를 이용한 통계분석. 법문사, 1991, pp55-84
- 5) 한태륜, 김상규: 근력측정에서 등속성 측정방법과 근전도 측정방법의 비교. 대한재활의학회지 13: 239-247, 1989
- 6) Agre JC, Pierce LE, Raab DM, McAdams M, Smith EL: Light resistance and stretching exercise in elderly women: effect upon strength. Arch Phys Med Rehabil 69: 273-276, 1988
- 7) Askew LJ, An KN, Morrey BF, Chao EYS: Isometric elbow strength in normal individuals. Clin Orthop 222: 261-66, 1987
- 8) Baltzopoulos V, Brodie DA: Isokinetic dynamometry: applications and limitations. Sports

- Med* 8: 101-116, 1989
- 9) Basmajian JV, Gowland CA, Finlayson MAJ, Hall AL, Swanson LR, Stratford PW, Trotter JE, Brandstater ME: *Stroke treatment: comparison of integrated behavioral-physical therapy vs traditional physical therapy programs.* *Arch Phys Med Rehabil* 68: 267-272, 1987
 - 10) Bohannon RW, Smith MB: *Assessment of strength deficits in eight paretic upper extremity muscle groups of stroke patients with hemiplegia.* *Phys Ther* 67: 522-525, 1987
 - 11) Bohannon RW, Warren ME, Cogman KA: *Motor variables correlated with the hand-to-mouth maneuver in stroke patients.* *Arch Phys Med Rehabil* 72: 682-684, 1991
 - 12) Bourbonnais D, Noven SV: *Weakness in patients with hemiparesis.* *Am J Occup Ther* 43: 313-319, 1989
 - 13) Brunnstrom S: *Movement therapy in hemiplegia: A neurophysiological approach.* Harper & Row, New York, 1970, pp 35-36
 - 14) Carlson BR: *Relationship between isometric and isotonic strength.* *Arch Phys Med Rehabil* 51: 176-179, 1970
 - 15) Colebatch JG, Gandevia SC, Spira PJ: *Voluntary muscle strength in hemiparesis: distribution of weakness at the elbow.* *J Neurol Neurosurg Psychiat* 49: 1019-1024, 1986
 - 16) Deutsch H, Kilani H, Moustafa E, Hamilton N, Hebert JP: *Effect of head-neck position on elbow flexor muscle torque production.* *Phys Ther* 67: 517-521, 1987
 - 17) Dickstein R, Hocherman S, Pillar T, Shaham R: *Stroke rehabilitation: three exercise therapy approaches.* *Phys Ther* 66: 1233-1238, 1986
 - 18) El-Abd MAR, Ibrahim IK, Dietz V: *Impaired activation pattern in antagonistic elbow muscles of patients with spastic hemiparesis: contribution to movement disorder.* *Electromyogr Clin Neurophysiol* 33: 247-255, 1993
 - 19) Fillyaw M, Bevins T, Fernandez L: *Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios.* *Phys Ther* 66: 23-31, 1986.
 - 20) Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ: *A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women.* *J Appl Physiol* 71: 644-650, 1991
 - 21) Gowland C: *Recovery of motor function following stroke: profile and predictors.* *Physiother Can* 34: 77-84, 1982
 - 22) Kasser RJ, Cheney PD: *Characteristics of corticomotoneuronal postspike facilitation and reciprocal suppression of EMG activity in the monkey.* *J Neurophysiol* 53: 959-978, 1985
 - 23) Keenan MAE, Haider TT, Stone LR: *Dynamic electromyography to assess elbow spasticity.* *J Hand Surg* 15A: 607-614, 1990
 - 24) Knapik JJ, Ramos MU: *Isokinetic and isometric torque relationships in the human body.* *Arch Phys Med Rehabil* 61: 64-67, 1980
 - 25) Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun J: *Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint motion.* *Phys Ther* 63: 938-947, 1983
 - 26) Lord JP, Hall K: *Neuromuscular reeducation versus traditional programs for stroke rehabilitation.* *Arch Phys Med Rehabil* 67: 88-91, 1986
 - 27) Moffroid MT, Whipple RH: *Specificity of speed of exercise.* *Phys Ther* 50: 1692-1700, 1970
 - 28) Mossman PL, Anderson TP, Hodgeman K: *A problem-oriented approach to stroke rehabilitation.* Charles C Thomas, Springfield, 1976, pp25-29
 - 29) Moskowitz E: *Complications in the rehabilitation of hemiplegic patients.* *Med Clin North Am* 53: 541-559, 1969
 - 30) Motzkin NE, Cahalan TD, Morrey BF, An KN, Chao EYS: *Isometric and isokinetic endurance testing of the forearm complex.* *Am J Sports Med* 19: 107-111, 1991
 - 31) Osternig LR, Bates BT, James SL: *Isokinetic and isometric torque force relationships.* *Arch Phys Med Rehabil* 58: 254-257, 1977
 - 32) Sahrman SA, Norton BJ, Bomze HA, Eliasson SG: *Influence of the site of the lesion and muscle length on spasticity in man.* *Phys Ther* 54: 1290-96, 1974
 - 33) Spaulding SJ, Strachota E, McPherson JJ, Kuphal M, Ramponi M: *Wrist muscle tone and self-care skill in persons with hemiparesis.* *Am J Occup Ther* 43: 11-16, 1989
 - 34) Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M, Lowman EW: *Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise.* *Arch Phys Med Rehabil* 48: 279-282, 1967
 - 35) Yoon TS, Park DS, Kang SW, Chun S-i, Shin

- JS: *Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. Yonsei Med J 32: 33-43, 1991*
- 36) Watkins MP, Harris BA, Kozlowski BA: *Isokinetic testing in patients with hemiparesis: a pilot study. Phys Ther 64: 184-189, 1984*
- 37) Williamson SC, Hartigan C, Morgan RF, Stamp WG, Chung JK, Edlich RF: *Computerized analysis of isokinetic torque curves for muscle strengthening. J Burn Care Rehabil 10: 160-166, 1989*
-