

슬관절 등속성 운동검사에서 변형 고정대에 의해 유발되는 지간(肢間) 상호작용이 근력에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 재활의학교실

강성웅·김성원·나영무

= Abstract =

Effect of Interlimb Interaction on Strength Induced by Modified Contralateral Stabilization Bar in Isokinetic Knee Evaluation

Seong Woong Kang, M.D., Seong Won Kim, M.D. and Young Moo Na, M.D.

Department of Rehabilitation, Yonsei University College of Medicine

Thirty men were tested for isokinetic knee strength using Cybex II+ at velocity of 90°/sec. In set one, the subjects were tested with fixing the non-testing leg at 90° and the testing session consisted of one-legged isokinetic extension exercise test and flexion exercise test. In extension exercise condition, three maximal isokinetic extensions were done with performing isometric contractions of the extensors of non-testing leg in regard to the isokinetic testing legs(reciprocal mode), and then three maximal isokinetic extensions were done with contractions of the flexors of non-testing leg(concurrent mode). In flexion exercise condition, three maximal flexions in a concurrent mode and a reciprocal mode, respectively were also performed. We measured peak torque(PT) of the extensors and flexors of the testing leg and recorded myoelectrical signals from the knee muscles of the non-testing leg. PT of the knee extensors and flexors of the testing leg were of significantly higher value at reciprocally induced action of the non-testing leg($p < 0.001$). The mean root mean square(RMS) values recorded from the muscles of non-testing leg were of significantly higher value at reciprocal mode also($p < 0.01$). In set two, the testing was done in two different isokinetic extension-flexion knee testing conditions. For the first condition, testing was done with a bar in front of the ankle joint of the non-testing leg, thus limiting extension movement of the leg as is the usual testing method at present. For the second condition, the non-testing leg was fixed at 90° flexion and the non-testing leg was induced to contract reciprocally in regard to the isokinetic testing legs. PT of extensors of the second condition showed a significantly higher value compare to the first condition($p < 0.001$).

By fixing non-testing leg and making it to contract in a reciprocal manner with the testing leg, we can eliminate the shifting of non-testing leg and prevent the possible decrement in strength due to a bilateral deficit, and get an additional isometric exercise effect on non-testing leg.

Key Words: Isokinetic strength, Stabilization bar, Bilateral deficit

*이 논문은 1994년도 연세대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

서 론

상지나 하지의 운동시 양측 상지나 하지의 동작형태는 각 근육의 근력 양상에 영향을 줄 수가 있다⁶⁾. 동작형태에 따른 근력 양상에 대해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 편측 근육의 수축시와 양측 상동근육(homologous muscle)의 동시 수축시 나타나는 근력을 비교한 연구에서는 상동근육이 동반동작(concurrent motion) 양상을 취할 때 대부분의 경우 상동근육의 근력의 감소가 나타난다고 하였다^{3, 6, 13, 21)}. 이러한 근력 감소는 bilateral deficit 현상에 의한 것으로 보고되고 있으며, 이러한 현상은 일상생활동작시 거의 대부분의 동작이 상반동작(reciprocal motion)에 의해 수행되는 하지에서 특징적으로 나타난다고 하였다^{6, 22)}. 편측 하지의 운동시 근력양상에 영향을 미칠 수 있는 또 하나의 요소로서 다리의 위치를 들 수가 있다^{5, 17)}. 신체의 특정 근육을 수축하여 운동을 실시할 때, 신체의 균형을 유지하기 위해 연관동작(associated movement)이 나타나게 된다^{5, 11)}. 이러한 연관동작은 각 개인에서는 일정한 형태로 나타나지만 개인간의 연관동작의 형태는 다양하다^{5, 12)}. 따라서 한쪽 다리의 근력을 측정할 때 반대측 다리를 일정하게 고정하지 않으면 개개인에 따라 상이하게 나타날 수 있는 연관동작에 의해 다리의 위치가 변할 수 있으며, 이로 인해 근력양상의 차이가 나타날 수가 있다. 이와같이 연관동작에 의해 나타나는 다리의 위치 변화와 동작형태에 의해 유발되는 bilateral deficit와 같은 신경인성 기전이 한쪽 다리의 근력 검사시 다른 쪽 다리에 영향을 줄 수 있기 때문에 근력 측정시 고려하여야 한다.

등속성 운동 검사시 근력측정의 오차를 줄이기 위해, 체간 고정 여부, 피검자의 자세, 그리고 적절한 검사 반복 횟수등 여러가지 요소에 대한 많은 연구결과가 보고되었다^{1, 2, 9, 10)}. 슬관절 등속성 운동검사시 검사하지 않는 반대측 다리의 위치나 양 하지의 동작 양상에 따라 검사측 슬관절 근력 양상에 영향을 줄 수 있는 여러가지 잠재 요인에도 불구하고 이에 대한 연구는 보고된 적이 없다. 즉, 현재 사용되고 있는 등속성 운동기구에는 슬관절 등속성 운동검사시 반대측 다리를 고정시킬 수 있는 장치가 없거나, 있더라도 한쪽 방향으로만 동작을 제한하도록 되어 있어, 반대측 다

리는 각 개인에 따라, 운동의 강도에 따라 상이한 연관동작 형태를 취할 수 있으므로, 피검자에 따라서는 검사중 상동근육이 동시에 수축할 수 있고, 반대측 다리가 피검자마다 상이한 위치를 취한 상태에서 근력이 측정될 수도 있다. 따라서 슬관절 등속성 운동 검사시 가능하다면 하지에서 보편적인 동작형태인 상반동작을 유도하고, 검사하지 않는 반대측 다리를 고정하여 위치의 변동을 제한하는 것이 바람직 하다고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 슬관절 등속성 운동에서 상반동작과 동반동작을 유도하여 각각의 동작형태에 따른 운동측 슬관절의 근력의 차이와 반대측 슬관절에서의 근육 수축정도를 myoelectrical signal을 측정하여 그 차이를 비교하여 보고, 등속성 운동기구를 사용한 슬관절 근력 측정시 비운동측 다리를 고정시키고 상반동작을 유도하였을 경우의 근력이 그렇지 않은 경우와 차이가 있는 지를 알아보았다.

연구 대상 및 방법

1) 연구 대상

연세 대학교 의과 대학 학생중 건강한 남자 30명을 대상으로 하였다. 모든 대상자는 신경계, 근육계, 골격계의 병변이나 병변이 있었던 과거력이 없었으며, 특정한 운동 프로그램에 참여하고 있지 않았으며, 공을 칠때 우측 발을 사용하였다.

2) 측정 기기

비운동측인 좌측 슬관절의 외측 광근부와 내측 슬와부 근육군부에 표면전극을 부착하여 myoelectrical signal의 대표값중 근수축시 운동단위의 생리적 양상을 가장 잘 반영한다고 보고되고 있는 RMS (Root Mean Square)voltage를 EXCEL 근전도기기 (Cadwell Laboratories Inc., 909 North Kellogg Street Knennwick, WA 99336)로 측정하여 근수축 정도를 간접적으로 측정하였다^{4, 7, 8, 18)}. 전기신호는 직경이 9mm인 silver-silver chloride 표면전극 2개를 사용하여 근섬유와 평행하게, 두 전극의 중심점간의 거리가 20 mm되게 각 근육의 운동점의 원위부에 부착하여 측정하였다. 증폭기는 2 channel mode 증폭기를 사용하였으며, gain은 구간당 1~2mV,

filter는 3Hz에서 2KHz사이, sweep speed는 구간당 10msec로 하여 RMS값을 1초 단위로 분석할 수 있게 하였다. 운동측인 우측 슬관절의 신근과 굴근의 근력은 CYBEX II+ 등속성 운동기구(Cybex, Division of Lumex, Inc., 2100 Smith Avenue Ronkokoma, NY 11779)를 사용하여 우력치를 측정하였다. 운동속도는 90°/sec로 하여 한쪽 방향으로 굴곡 혹은 신전운동을 1회 실시할 때 약 1초의 시간이 소요되게 하여, 1초 단위로 RMS값이 분석되게 고정된 근전도기기의 측정시간과 비슷하게 맞추었다.

3) 검사진행 방법

피검자는 검사자의 지시에 따라 CYBEX II+ 등속성 운동 기구에 상체와 대퇴부를 견고하게 고정시키고 등반이를 댄 상태에서 고관절과 슬관절을 90°로 굴곡한 상태로 앉게 한 후 다음과 같은 방법으로 검사를 실시 하였다.

(1) 좌측 하지의 외측 광근부와 내측 슬와부 근육군부에 표면전극을 부착하고 좌측 과골 상부의 전후방에 고정대를 위치하게 하여 양쪽 방향의 운동을 제한할 수 있게 한 후(Fig. 1), 우측 슬관절을 신전시키면서 동시에 운동하지 않는 좌측은 전방 고정대에 지지하여 신전근을 등척성 수축을 시키는 동반동작을 유도하였으며, 이 동작을 3회 반복 시행하였다. 3분간의 휴식을 취한 후, 우측 슬관절을 굴곡키면서 동시에 좌측을 전방 고정대에 지지한 채 신전근을 등척성 수축하는 상반동작을 유도하는 동작을 3회 반복하였다. 각각의 동작에서 우측 슬관절에서는 신전 및 굴곡시의 우력치

를 구하고 좌측 외측광근부에서는 RMS값을 구하였다.

3분간의 휴식 후, 우측 슬관절에서 굴곡운동을 1회씩 3번 실시하였다. 각 시기마다 좌측은 후방 고정대에 지지하여 좌측 굴곡근을 등척성 수축시키는 동반동작을 유도하였다. 다시 3분의 휴식 후, 우측 슬관절에서 신전운동을 1회씩 3번 실시하면서 각 시기마다 좌측 슬관절의 굴곡근은 후방 고정대에 지지하여 등척성 수축시키는 상반동작을 취하게 하였다. 우측 슬관절의 신전 및 굴곡시의 우력치를 구하고 좌측 내측 슬와부 근육군부에서 RMS값을 구하였다.

각각에서 동반동작과 상반동작의 순서는 무작위로 하였으며, 각 동작의 3회의 평균값을 각각의 조건에서의 우력치와 RMS값으로 하여 동반동작시와 상반동작시의 각 값의 차이를 비교하였다.

(2) 5분간의 휴식을 취한 후, 슬관절 등속성 운동검사시 기준에 실시하고 있는 방법대로, 고정대를 운동하지 않는 측 과골 상부의 전방에만 두고 운동측 우측 하지의 신전 및 굴곡 반복운동을 5회 실시하여 우측 슬관절 신근과 굴근의 최대 우력치를 구한 다음(Fig. 2), 5분간의 휴식을 취한 후, 비운동측 다리의 신전 및 굴곡운동을 제한할 수 있게 다리의 전후방에 고정대를 위치시켜(Fig. 1) 좌우측 슬관절 근육의 상반동작을 유도하면서 5회의 신전 및 굴곡 반복운동을 실시하여 우측 슬관절 근육군의 최대 우력치를 측정하고 두 운동조건 간의 근력차이를 비교하였다.

각 운동조건에서 측정하여 얻은 결과들을 전산입력한 후, SPSS 통계 프로그램을 이용하여 각 측정치의

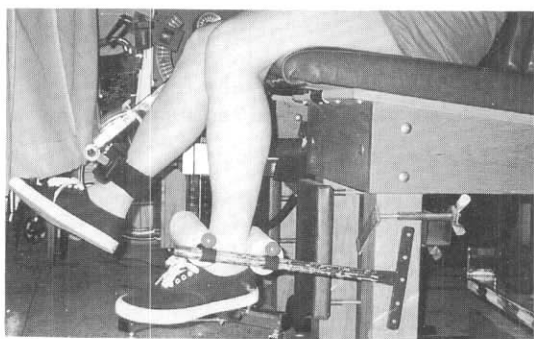


Fig. 1. The non-testing leg was fixed at 90° flexion.



Fig. 2. The contralateral stabilization bar was positioned in front of the non-testing leg.

평균 및 표준편차등을 구하였고, 각 운동조건에서의 우력치 혹은 RMS값을 paired t-test를 이용하여 서로 비교한 후 통계학적 유의성을 검정하였다.

결 과

1) 동반동작과 상반동작시의 운동측 슬관절에서 측정된 우력치의 비교에서, 운동측 슬관절 신근의 평균 우력치는 동반동작을 행한 경우 112.9ft-lbs, 상반동작을 유도한 경우 118.8ft-lbs였으며, 굴근의 경우 동반동작시 58.7ft-lbs, 상반동작시 65.1ft-lbs로서 신근과 굴근 모두 상반동작 유도시에 의미있게 높은 값을 나타내었다($p < 0.001$)(Table 1).

2) 동반동작과 상반동작시의 비운동측 슬관절 근육에서 측정된 myoelectrical signal의 비교에서, 운동하지 않는 측 하지에서 측정된 RMS값의 평균치는 외측 광근부에서는 동반동작을 행한 경우 6.0mV, 상반동작을 유도한 경우 7.5mV이었고($p < 0.001$), 내측

슬와부 근육군부에서는 동반동작을 시행한 경우 6.5 mV, 상반동작을 유도한 경우 8.2mV로서($p < 0.01$) 외측 광근부와 내측 슬와부 근육군부 모두에서 상반동작시에 의미있게 높은 값을 나타내었다(Table 2).

3) 슬관절 등속성 운동검사에서 신전 및 굴곡의 반복운동을 5회 실시하여 얻은 최대 우력치는, 비운동측 하지인 좌측 과골상부 전방에 고정대를 위치시킨 상태에서 특별한 동작을 유도하지 않고 측정된 경우, 신근이 115.0ft-lbs, 굴근이 65.8ft-lbs였으며, 고정대를 과골상부의 전후방에 설치하고 상반동작을 시행하도록 유도한 경우는 신근이 120.3ft-lbs, 굴근이 67.2ft-lbs로서, 상반동작을 유도한 경우의 최대 우력치가 신근에서만 유의하게 높았다($p < 0.001$)(Table 3).

고 찰

운동을 실시할 때 양측의 상동근육이 동시에 수축하게 되면 시간(肢間) 상호작용의 신경인성 기전의 하나인 bilateral deficit 현상에 의해 근력의 감소현상이 나타난다고 하였다^{3, 6, 13, 21}). 이러한 현상은 cross extension-flexion reflex와 같은 억제성 척수 반사와 연관이 있으며 양측 상동근육이 동시 수축시 나타나는 fast twitch motor unit의 활성화의 감소에 의한 것으로 알려져 있다^{6, 21}). 그러나 이러한 bilateral defi-

Table 1. Results of Peak Torque Measured from Exercised Leg

| Muscle | Exercise condition | |
|----------|--------------------|-------------------|
| | Concurrent motion | Reciprocal motion |
| Extensor | 112.9±22.7 | 118.8±22.6* |
| Flexor | 58.7±11.1 | 65.1±11.1* |

Values are given as mean and standard deviation (ft-lbs).

* $p < 0.001$

Table 2. Results of RMS Values Recorded from Unexercised Leg

| Recording site | Exercise condition | |
|------------------|--------------------|----------------------|
| | Concurrent motion | Reciprocal motion |
| Vastus lateralis | 6.0±3.3 | 7.5±3.9* |
| Medial hamstring | 6.5±3.2 | 8.2±4.5 [†] |

Values are given as mean and standard deviation (mV).

* $p < 0.001$

[†] $p < 0.01$

Table 3. Comparison of Peak Torque at the Different Testing Conditions

| Muscle | Testing condition | |
|----------|---------------------------|-----------------------|
| | Conventional [†] | Inducing [‡] |
| Extensor | 115.0±21.6 | 120.3±21.3* |
| Flexor | 65.8±12.9 | 67.2±13.9* |

Values are given as mean and standard deviation (ft-lbs).

* $p < 0.001$

Testing condition is expressed as "Conventional" when the stabilization bar was located in front of the ankle joint, and the subject exercised without any voluntarily induced motion. "Induced" when the stabilization bar was located on both in front of and behind the ankle joint of the unexercised leg, and the subjects were induced to exercise reciprocally.

cit현상에 의한 근력 감소가 어느 근육에서나 조건에 상관없이 항상 일정한 양상으로 나타나는 것은 아니다^{6, 20, 22)}. 1984년 Vandervoort 등²¹⁾은 슬관절 신근의 근력비교에서 양측 슬관절을 동시에 신전시켰을 때의 근력이 한쪽 슬관절을 따로 신전시켜 측정된 근력의 합보다 적었다고 보고하였으며, 이는 bilateral deficit현상에 의한 것이라 하였다. 그러나 1987년 주관절 신전근을 이용한 연구에서는 신전근의 동시 수축시의 근력과 편측 수축시의 근력을 합한 값의 차이가 없어 팔에서는 bilateral deficit현상에 의한 근력 감소가 관찰되지 않았다고 하였다²²⁾. 즉 bilateral deficit의 정도는 각 근육의 습관적인 동작형태에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 지속적인 훈련과정을 통해 변화될 수 있는 가변성을 지니고 있다^{6, 19, 20)}. 상지에서는 물건 들기나 옮기기와 같이 양측의 상동근육을 동시에 수축시키는 동작이 흔한 일상동작이며, 하지에서는 보행과 같이 상반동작형태로 대부분의 일상생활동작이 수행되므로, 양쪽 다리가 동시에 신전을 하거나 굴곡을 하는 동작은 보편적인 하지 동작형태가 아니므로 bilateral deficit현상에 의한 근력 감소는 하지에서 특징적으로 나타난다고 하였다^{6, 22)}.

저자들은 이전의 연구에서 한쪽 다리의 등속성 운동시 반대측 다리를 고정시키는 고정대를 다리의 양측에 위치시켜 운동시 나타나는 연관동작을 단순히 제한하는 것 만으로도 고정대가 위치한 방향으로 다리를 지지할 때 유발되는 등척성 수축 때문에 비운동측 다리에서도 운동효과를 얻을 수 있다고 하였다¹⁴⁾. 그러나 일정 부위의 근육을 수축시켜 운동을 실시할 때 신체 의 안정감을 유지하기 위해 유발되는 연관동작은 각 개인에 따라서는 일정한 양상을 취하지만 개인 간에는 각기 다른 형태를 취할 수 있으므로^{5, 12)}, 한쪽 다리의 근력 측정시 일정한 동작을 피검자에게 요구하지 않을 경우 검사중 양측의 상동근육을 동시에 수축시키는 피검자가 있을 수도 있다. 따라서 검사 수행시 모든 피검자에게 상반동작을 실시하도록 요구하여 검사를 실시한다면 bilateral deficit현상에 의한 근력감소의 가능성을 배제할 수 있으며, 운동의 강도에 따라서 변할 수 있는 연관동작의 변화를 방지하여 좀더 일관성 있는 검사가 가능 할 것이다.

본 연구에서 동반동작을 취한 경우와 상반동작을 취한 경우의 운동측 슬관절에서 측정된 우력치의 비교에

서 신근의 경우, 동반동작시의 우력치가 상반동작시의 약 95%정도였으며, 굴근의 경우는 약 90%로서 상반동작을 취할 경우 더 큰 우력치를 나타냄을 알 수 있었다. 비운동측에서도 외측 광근부에서 측정된 RMS 값은 동반동작시의 값이 상반동작시의 약 76% 정도, 내측 슬와부 근육군에서는 약 79%로서 역시 상반동작시 더 큰 근육의 수축이 유발되는 것을 알 수 있었다^{3, 13, 21)}. 비운동측 다리의 전후방을 고정하여 상반동작을 유도한 경우와 기존의 방법대로 특별한 동작의 유도 없이 실시한 5회의 신전 및 굴곡 반복운동검사에서는, 신근의 경우 최대 우력치가 상반동작을 유도한 경우에서 의의있게 높은 수치를 나타내었으며, 굴근에서는 상반동작시가 그렇지 않은 경우보다 높은 값을 나타내었지만 통계학적인 유의성은 없었다. 굴근의 경우, 두 운동조건 모두에서 고정대가 비운동측 과골 상부의 전방에는 위치하므로, 상반동작을 유도하지 않은 경우에도 운동측 슬관절 굴곡운동시 반대측 신근이 자연스럽게 전방에 위치한 고정대에 지지하게 되어 두 운동조건 모두에서 비슷한 동작양상을 취하게 되기 때문이라고 추측된다¹⁴⁾. 신근의 경우는 반대측 다리의 후방에 고정대를 추가로 설치함으로써 상반동작을 쉽게 유도할 수 있었고, 이 경우 측정된 근력은 더 큰 값을 나타내었다. 이는 운동시 근방추에서 발생된 구심성 흥분은 crossed extension-flexion 반사에 의해 척수를 가로질러 반대측 길항근의 흥분을 촉진시키고 상동근육을 억제시키므로¹⁵⁻¹⁷⁾, 상반동작을 취할 경우 수축하는 양측 다리의 근육의 긴장도를 증가시킬 수 있는 이러한 반사기전과 운동시 동작양상을 규격화 시키지 않았을 경우 동반동작에 의해 발생할 수 있는 상동근육의 동시수축을 배제할 수 있었기 때문이라고 할 수 있겠다.

본 연구에서 비운동측 다리의 위치에 따른 근력의 변화를 관찰하지는 않았지만, 이와 같은 동작형태의 차이에 의한 근력차이 외에도, 다리의 위치에 따라 시간 상호간의 근력에 영향을 줄 수 있으므로^{5, 17)}, 비운동측 다리를 일정위치에 고정하는 것이 일관성 있는 근력 측정에 도움이 될 것으로 사료된다.

따라서 슬관절 등속성 운동검사시 비운동측을 충분히 고정하고 상반동작을 유도하여 상황에 따라 여러 형태로 나타날 수 있는 연관동작을 규격화시킴으로써, 근력감소를 유발시키는 bilateral deficit현상을 억

제하고 다리의 위치에 따라 발생할 수 있는 시간 상호간의 근력의 변화를 방지할 수 있으며, 비운동측 슬관절의 추가적인 등척성 운동효과도 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

연세대학교 의과대학 학생중 건강한 남자 30명을 대상으로 슬관절 등속성 운동검사를 실시하여 상반동작과 동반동작을 각각 유도한 후 동작형태에 따른 운동측 슬관절의 근력의 차이와 반대측 슬관절에서의 근육 수축양상을 myoelectrical signal을 측정하여 그 차이를 비교하여 보고, 비운동측 다리를 고정시키고 상반동작을 유도하였을 경우의 근력이 그렇지 않은 경우와 차이가 있는지를 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동반동작과 상반동작시의 운동측 슬관절에서의 우력치와 비운동측 슬관절 근육에서의 myoelectrical signal을 측정한 결과, 운동측 슬관절 우력치는 신근과 굴근 모두 상반동작 유도시에 의미있게 높은 값을 나타내었다($p < 0.001$). 운동하지 않는 측 하지에서 측정한 RMS값의 평균치는 외측 광근부($p < 0.001$)와 내측 슬와부 근육군부($p < 0.01$) 모두에서 상반동작시에 의미있게 높은 값을 나타내었다.

2) 비운동측 다리의 전후방을 고정하여 상반동작을 유도한 경우와 기존의 방법대로 비운동측 하지 전방에만 고정대를 위치시키고 특별한 동작의 유도 없이 실시한 5회의 신전 및 굴곡 반복운동검사에서는, 신근에서만 최대 우력치가 상반동작을 유도한 경우에서 유의하게 높았다($p < 0.001$).

이상의 결과로 보아 슬관절 등속성운동 시행시 고정대를 운동하지 않는 측 과골 상부의 전후방에 설치하고 상반동작을 유도하여 운동을 시행할 경우 더욱 효과적인 운동결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 검사대상자간에서 상이하게 나타날수 있는 연관동작을 표준화시킴으로써 정확한 근력의 측정에도 도움이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1) Baltzopoulos V, Brodie DA: *Isokinetic dyna-*

meter, applications and limitations. Sports Med 1989; 8: 101-16

- 2) Davies GJ: *A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques, 4th ed, Onalaska: S & S Publishers, 1992, pp35-50*
- 3) Delwaide PJ, Sabatino M, Pepin JL, LaGrutta V: *Reinforcement of reciprocal inhibition by contralateral movements in man. Exp Neurol 1988; 99: 10-16*
- 4) De Luca CJ, Van Dyke EJ: *Derivation of some parameters of myoelectric signals recorded during sustained constant force isometric contractions. Biophys J 1975; 15: 1167-80*
- 5) Devine KL, LeVeau BF, Yacy HJ: *Electromyographic activity recorded from an unexercised muscle during maximal isometric exercise of the contralateral agonists and antagonists. Phys Ther 1981; 61: 898-903*
- 6) Enoka RM: *Muscle Strength and its Development: New Perspectives. Sports Med 1988; 6: 146-68*
- 7) Fiebert IM, LeBlanc WG, McGuane SA, Schnoes CD, Strickland KM: *The Relationship of Electromyographic Activity and Force of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Muscles During Maximal Isometric Knee Extension Contractions. Isokinetics and Exercise Science 1992; 2: 116-123*
- 8) Fridlund AJ, Cacioppo AJT: *Guidelines for Human Electromyographic Research. Psychophysiology 1986; 23: 567-89*
- 9) Fronteran WR, Hughes VA, Dallal GE, Evans WJ: *Reliability of isokinetic muscle strength testing in 45- to 78-year-old men and women. Arch Phys Med Rehabil 1993; 74: 1181-1185*
- 10) Hart DL, Stobbe TJ, Till CW, Plummer RW: *Effect of trunk stabilization on quadriceps femoris muscle torque. Phys Ther 1984; 64: 1375-1380*
- 11) Hellebrandt FA, Parrish AM, Houtz SJ: *Cross education: The influence of unilateral exercise on the contralateral limb. Arch Phys Med 1947; 28: 76-85*
- 12) Hellenbrandt FA, Waterland JC: *Expansion of motor patterning under exercise stress. Am J Phys Med 1962; 41: 56-66*
- 13) Howard JD, Enoka RM: *Enhancement of maximum force by contralateral limb stimulation. J*

- Biomechanics* 1987; 20: 908
- 14) Kang SW, Moon JH, Chun SI: *Exercise effect of modified contralateral stabilization bar during one-legged isokinetic exercise. Arch Phys Med Rehabil* 1995; 79: 177-182
 - 15) Kannus P, Alosa D, Cook L, Johnson RJ, Renstrom P, Pope M, Beynnon K, Yasuda C, Nichols C, Kaplan M: *Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg: A randomized, controlled study using isometric and concentric isokinetic training. Eur J Appl Physiol* 1992; 64: 117-26
 - 16) Kottke FJ, Lehmann JF: *Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation, 4th ed, Philadelphia: Saunders, 1990, pp234-260*
 - 17) Lagasse PP: *Muscle strength: Ipsilateral and contralateral effects of superimposed stretch. Arch Phys Med Rehabil* 1974; 55: 305-310
 - 18) Lawrence JH, De Luca CJ: *Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles. J Appl Physiol* 1983; 54(6): 1653-59
 - 19) Rube N, Secher NH, Lodberg F: *The effect of habituation and training on two and one leg extension strength. Acta Physiologica Scandinavica* 1980; 108: 8A
 - 20) Secher NH: *Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. Med Sci Sports* 1975; 7: 280-283
 - 21) Vandervoort AA, Sale DG, Moroz JR: *Comparison fo motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. J Appl Physiol* 1984; 56: 46-51
 - 22) Vandervoort AA, Sale DG, Moroz JR: *Strength-velocity relationship and fatigability of unilateral versus bilateral arm extension. Eur J Appl Physiol* 1987; 56: 201-5
-