한국전문물리치료학회지 제 15권 제 2호
PTK Vol. 15 No. 2 2008.

수의적인 상·하지 움직임 동안의 체간의 선행적 자세조절 연구

정경심, 신원섭
삼육대학교 대학원 물리치료학과
정이정
삼육대학교 보건복지대학 물리치료학과

Abstract

The Study of Anticipatory Postural Adjustments in Voluntary Arm and Leg Movement

Kyoung-sim Jung, B.H.Sc., P.T.
Won-seob Shin, M.Sc., P.T.
Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University
Yi-jung Chung, Ph.D., P.T.
Dept. of Physical Therapy, College of Health Welfare, Sahmyook University

Anticipatory postural adjustments are pre-planned by the central nervous system (CNS) before the activation of agonist muscles in the limbs, and minimize postural sway. Most previous studies on this topic have focused on upper-limb movement, and little research has been conducted on lower-limb movement. The purpose of this study was to investigate the recruitment order of left and right trunk muscles during limb movement. Fifteen healthy subjects (10 male, 5 female) were enrolled. Electromyographic signals were recorded on the muscles of: (1) deltoid, lumbar erector spinae, latissimus dorsi and internal oblique during shoulder flexion, (2) rectus femoris, rectus abdominis, external oblique and internal oblique during hip flexion. During right upper limb flexion, the onset of left erector spinae muscle and left internal oblique muscle activity preceded the onset of right deltoid by 8.09 ㎳ and 19.83 ㎳, respectively. But these differences were not significant ($p>.05$). A similar sequence of activation occurred with lower limb flexion. The onset of left internal oblique muscle activity preceded the onset of right rectus femoris muscle by 28.29 ㎳ ($p<.05$). The onset of right internal oblique muscle activity preceded the onset of left rectus femoris muscles by 23.24 ㎳ ($p<.05$). The internal oblique muscle was the first activated during limb movement. Our study established the recruitment order of trunk muscles during limb movement, and explained the postural control strategy of the trunk muscles in healthy people. We expect that this study will be used to evaluate patients with an asymmetric recruitment order of muscle activation due to impaired CNS.

Key Words: Anticipatory postural adjustments; Limb movement; Spinal stability.

Ⅰ. 서론

사지를 빠르게 움직일 때 무게중심의 이동과 반발력(reactive force)이 발생함에 따라 척주를 포함한 전신에 자세 동요가 나타난다(Bouisset과 Zattara, 1987; Horak 등, 1984). 본래 척주 자체는 불안정한 구조로써 안정성을 위해 주변 근골격계의 지지를 받고 있으며, 그러한 근골격계의 활동은 중추신경계에 의해 조절 된다(Panjabi, 1992).

주동근의 반대쪽 기저핵(basal ganglia), 보조운동영역(supplementary motor area), 일차운동영역(primary

통신저자: 정이정 yijung36@syu.ac.kr

motor area)에서 자세조절근을 선행적으로 활성화시키고 주동근 수축의 타이밍 신호(timing signal)를 제공한다(Massion 등, 1999). 사지의 움직임 이전에 체간의 근육을 먼저 수축시킴으로써 반발력으로부터 야기되는 자세동요에 대해 척주를 준비시키는 역할을 한다(Aruin과 Latash, 1995; Bouisset과 Zattara, 1987; Hodges와 Richardson, 1997b). 이렇게 중추신경계에 의해 미리 계획되어진 반응을 선행적 자세조절(anticipatory postural adjustments)이라고 한다(Massion, 1992).

일반적으로 자세조절은 자세동요를 최소화하기 위하여 수의적인 움직임 이전에 일어나는 피드포워드(feedforward)와 말초 수용기로부터 들어오는 신호를 통해 움직임 이후에 실제적으로 일어나는 자세동요를 처리하는 피드백(feedback)으로 구성된다(Hugon 등, 1982; Massion, 1992; Ramos와 Stark, 1990; Rogers와 Pai, 1990). 전형적으로 피드백 시스템의 연구는 외부적으로 적용되는 동요(Diener 등, 1984; Horak 등, 1989; Keshner 등, 1988; Nashner, 1977) 또는 감각계의 조작(manipulation)에 대한 생리학적, 생물학적 반응을 비교하는 것을 말한다(Horak 등, 1990; Wolfson 등, 1992). 이에 반해 자세조절에 대한 피드포워드 요소의 연구는 상・하지의 수의적 움직임을 일으켜서 자세조절근의 근수축 개시시간을 검사한다(Brown과 Frank, 1987; Zattara와 Bouisset, 1988).

체간의 하부는 기능적 활동 사슬에 있어 중심 역할을 하며 상・하지 움직임의 기초 혹은 원동력이 되므로 매우 중요한 부분이다(Akuthota와 Nadler, 2004). Aruin과 Latash(1995)의 연구에서 어깨를 굴곡, 신전시키는 주동근의 근수축보다 복직근과 척추기립근이 먼저 수축하는 것으로 나타났다. 이는 어깨 굴곡시 상지의 움직임에 의해 무게 중심이 전방으로 이동됨에 따라 자세 안정성을 유지하기 위하여 체간의 모멘트가 후방과 하방으로 작용한 결과이다(Bouisset과 Zattara, 1987). 이러한 작용의 순서는 어깨의 굴곡근 수축 전에 척추기립근의 수축이 선행되어 나타나며 이어 외복사근, 복직근의 수축이 일어난다(Aruin과 Latash, 1995; Belen′kiĭ 등, 1967; Friedli 등, 1988; Hodges과 Richardson, 1997b; Hodges 등, 1999; Tyler와 Hasan, 1995). 팔의 신전시에는 반대의 순서로 근수축이 발생함이 연구되었다(Aruin과 Latash, 1995; Friedli 등, 1988; Hodges와 Richardson, 1997b; Hodges 등, 1999). 그러나 복횡근이나 내복사근의 경우에는 움직임의 방향과 상관없이 항상 사지의 움직임 이전에 수축이 일어났으며(Hodges와 Richardson, 1997b; Hodges 등, 1999), 특히 복횡근은 흉요근막(thoracolumbar fascia)의 장력(tension)을 증가시키거나 복강내압을 상승시킴으로써(Cresswell 등, 1994; Hodges와 Richardson, 1997b), 척추 분절 사이의 안정에 기여하는 것으로 알려졌다(Hodges 등, 1999). Hodges와 Richardson(1997a)의 연구에서는 하지의 움직임과 관련하여 체간의 선행적 자세조절에 대하여 실험한 결과, 하지의 움직임 방향에 상관없이 복횡근, 복직근, 내복사근의 경우 모두 주동근(prime mover) 이전에 수축이 일어난다는 사실을 밝혀냈다. 그러나 하지의 움직임과 관련된 체간의 선행적 자세조절에 관련된 연구는 아직까지 미비한 실정이다. 또한 주동근과 같은쪽의 체간근육도 상지의 움직임과 관련하여 자세조절 역할을 수행한다고 보여짐에도 불구하고 이전의 연구들은 대부분 주동근의 반대쪽 체간근육만을 선별하여 측정하였기 때문에 같은쪽 체간근육이 어떠한 방법으로 자세조절을 하는지 정확히 알 수가 없었다(Dickstein 등, 2004). Dickstein 등(2004)은 건강한 성인과 편마비 환자를 대상으로 마비측과 비마비측의 상・하지 움지임을 통해 좌, 우측 체간근육의 개시시간을 비교한 결과, 정상인에 비해 편마비 환자의 선행적 자세조절이 지연됨을 보고하였다. 하지만 이 연구에서는 하부체간의 국소적 안정성을 제공하는 내복사근의 근활성도를 비교하지 않았다.

선행 연구에서는 상・하지 움직임시 반대쪽 체간근육의 선행되는 순서는 알 수 있었으나, 주동근과 같은쪽의 체간근육의 선행순서는 알 수가 없었고, 좌, 우측의 체간근육을 동시에 측정한 연구가 있었지만(Dickstein 등, 2004), 하부체간의 국소적 안정성을 제공하는 내복사근의 근활성도를 비교하지 않았다. 따라서 본 연구는 좌, 우측 상・하지 움직임 시 양쪽 체간근육의 개시시간을 확인하여 정상인의 체간 근육의 자세조절전략을 이해하고, 비대칭적 근수축 패턴을 가진 환자들의 평가와 치료효과에 대한 비교연구로 활용될 것으로 기대된다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 서울에 소재한 S대학에 재학 중인 건강한 성인 15명(남자 10명, 여자 5명)을 대상으로 실시하였다. 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대한 충분히 설명을

듣고 실험 참여에 자발적인 동의가 있는 자를 대상으로 하였다. 상지나 하지에 신경계와 근골격계 손상 및 질환이나 외상 및 통증을 경험한 자는 제외시켰다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=15)

성별	대상자 수(명)	나이(세)	키(㎝)	몸무게(kg)
남	10	21.4±2.2	177.3±5.3	72.4±11.0
여	5	27.2±2.5	159.0±5.6	53.8±8.7

2. 실험기기 및 도구

근수축 개시시간을 측정하기 위해 표면근전도 Telemyo 2400 G2 Telemetry EMG system[1)]을 사용하였다. 첫 번째 실험은 상지의 움직임에 따른 체간의 선행적 근수축 개시시간을 보기 위해 양측 전삼각근(anterior deltoid; DEL), 척추기립근(erector spinae; ES), 광배근(latissimus dorsi; LD), 내복사근(internal oblique; IO)에 표면근전도를 부착하였다. 고관절과 무릎을 90도 각도로 구부리고 의자에 앉아 팔을 체간 옆에 나란히 둔 자세에서 1초간의 신호음이 나오면 가능한 빠르게 25도 정도 들어올렸다가 시작자세로 돌아오게 하였다(그림 1). 두 번째 실험은 하지의 움직임에 따른 체간의 선행적 근수축 개시시간을 보기 위해 양측 대퇴직근(rectus femoris; RF), 복직근(rectus abdominis; RA), 외복사근(external oblique; EO), 내복사근(internal oblique; IO)에 표면근전도를 부착하였다. 고관절과 무릎을 90도 각도로 구부리고 앉은 자세에서 1초간의 신호음이 나오면 가능한 빠르게 고관절을 20도 굴곡시켰다가 시작자세로 돌아오게 하였다(그림 2). 근전도 부착위치는 전삼각근은 팔의 앞쪽면에서 쇄골로부터 하방 4 ㎝ 위치에 전극을 부착하였고, 척추기립근은 3번째 요추로부터 2 ㎝ 간격을 두고 척추에 평행하게 부착하였다. 광배근은 견갑골의 하각에서 하방 4 ㎝, 대퇴직근은 대퇴부 전면 중앙에, 복직근은 배꼽에서 바깥쪽으로 2 ㎝ 위치에 부착하였고, 외복사근은 전상장골극 바로위에, 내복사근은 전상장골극에서 하·내방으로 2 ㎝ 지점에 부착하였다(Marshall과 Murphy, 2005).

각 실험은 3번씩 반복측정하였으며, 측정간 1분의 휴식시간을 가졌다. 8개의 표면근전도 신호는 Myoresearch XP Master edition 소프트웨어(Noraxon Inc., Arizona, U.S.A.)를 이용하여 처리하였다. 근전도 신호의 표본추출(sampling rate)은 1,000 Hz이었고, 잡음을 제거하기 위해 60 Hz의 노치필터(notch filter)를 사용하였다.

개시시간의 측정은 기준선(base line)의 500 ㎳ 동안의 평균과 표준편차의 3배를 초과하며, 지속시간이 30 ㎳에 도달하는 것으로 결정하였고(Dickstein 등, 2004), 삼각근과 대퇴직근의 개시시간을 기준으로 100 ㎳ 전과 후 50 ㎳ 사이에 수축이 일어나는 것을 피드포워드 작용에 의한 근수축으로 간주하였다(Aruin과 Latash, 1995, Hodges 등, 1999).

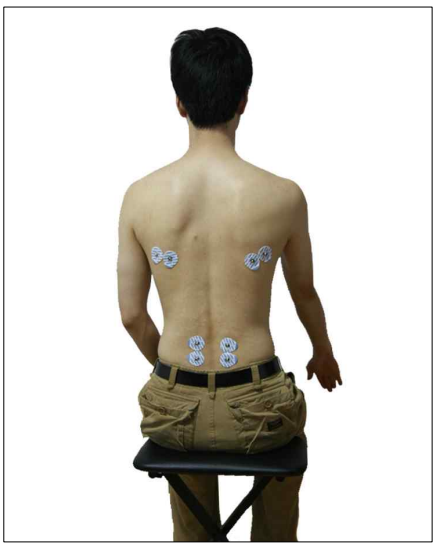

그림 1. 어깨 굴곡 시 측정자세.

그림 2. 고관절 굴곡 시 측정자세.

1) Noraxon Inc., Arizona, U.S.A.

3. 분석방법

피드포워드 작용에 의한 근수축의 비교는 상지의 경우 전삼각근과 체간근육과의 개시시간의 차이를 근육별로 비교하였고, 하지의 경우 대퇴직근의 개시시간을 기준으로 체간근육과의 차이를 근육별로 비교하였다. 주동근과 체간근육의 개시시간의 차이는 일원분산분석법(one-way ANOVA)을 사용하여 비교하였고, 이러한 차이를 세부적으로 살펴보기 위하여 사후검정으로 던칸의 MRT분석법(Duncan's multiple range test)을 사용하였으며 유의수준은 α=.05로 하여 통계의 유의성을 결정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 오른쪽 어깨 굴곡시 체간의 근수축 개시시간

청각 신호에 따라 최대한 빨리 오른쪽 팔을 들게 하였을 때, 주동근인 오른쪽 전삼각근의 개시시간과 비교하여 왼쪽 척추기립근과 왼쪽 내복사근에서 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 8.09±11.26 ㎳, 19.83±18.23 ㎳ 선행하여 나타났다. 왼쪽 광배근 역시 .12±9.73 ㎳ 선행하여 나타났고, 오른쪽 광배근과 오른쪽 내복사근은 전삼각근이 수축 하고 난 후 각각 19.86±17.67 ㎳, .52±7.75 ㎳ 이후에 근 수축이 일어났다. 오른쪽 척추기립근은 32.22±28.04 ㎳ 후에 수축하여 가장 늦게 반응이 나타났다($p<.05$)(그림 3).

2. 왼쪽 어깨 굴곡시 체간의 근수축 개시시간

왼쪽 팔을 빠르게 들었을 때 근육간 개시시간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p>.05$). 오른쪽 척추기립근과 오른쪽 내복사근은 주동근인 왼쪽 전삼각근보다 8.85±8.05 ㎳, 14.31±13.31 ㎳ 앞서 수축하였다. 왼쪽과 오른쪽의 광배근은 각각 왼쪽 전삼각근보다 8.66±7.15 ㎳, 11.11±10.76 ㎳ 이후에 근수축하였고, 왼쪽 내복사근도 1.90±8.99 ㎳ 이후에 나타났다. 오른쪽 척추기립근은 왼쪽 전삼각근보다 20.65±24.84 ㎳ 후에 나타나 가장 늦게 수축하였으나 유의하지 않았다(그림 4).

3. 오른쪽 고관절 굴곡시 체간의 근수축 개시시간

오른쪽 고관절을 빠르게 굴곡 시켰을 때, 주동근인 오른쪽 대퇴직근의 개시시간과 비교하여 왼쪽 내복사근은 28.29±13.65 ㎳ 먼저 수축하였다($p<.05$). 왼쪽 외복사근 역시 대퇴직근보다 2.55±9.86 ㎳ 이전에 근수축을 보였지만 통계적으로 유의하지 않았다. 오른쪽 대퇴직근의 수축이후에 오른쪽 내복사근(2.59±11.57 ㎳), 오른쪽 외복사근(2.70±11.32 ㎳), 왼쪽 복직근(3.39±5.59 ㎳), 오른쪽 복직근(11.54±9.04 ㎳)의 순서로 근수축이 일어났으나 통계적으로 유의하지 않았다(그림 5).

4. 왼쪽 고관절 굴곡시 체간의 근수축 개시시간

왼쪽 고관절을 빠르게 굴곡 시켰을 때, 주동근인 왼쪽 대퇴직근의 개시시간과 비교하여 오른쪽 내복사근은

그림 3. 오른쪽 어깨 굴곡시 전삼각근 개시시점을 기준으로 한 체간근육의 근수축 개시시간 비교 (*$p<.05$). RTES: 오른쪽 척추기립근, LTES: 왼쪽 척추기립근, RTLD: 오른쪽 광배근, LTLD: 왼쪽 광배근, RTIO: 오른쪽 내복사근, LTIO: 왼쪽 내복사근.

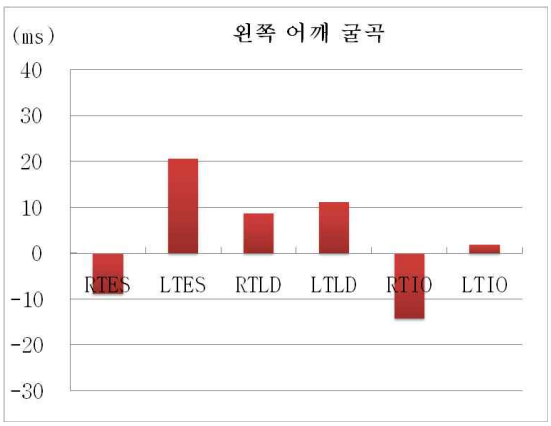

그림 4. 왼쪽 어깨 굴곡시 전삼각근 개시시점을 기준으로 한 체간근육의 근수축 개시시간 비교. RTES: 오른쪽 척추기립근, LTES: 왼쪽 척추기립근, RTLD: 오른쪽 광배근, LTLD: 왼쪽 광배근, RTIO: 오른쪽 내복사근, LTIO: 왼쪽 내복사근.

그림 5. 오른쪽 고관절 굴곡시 대퇴직근 개시시점을 기준으로 한 체간근육의 근수축 개시시간 비교(*p<.05). RTRA: 오른쪽 복직근, LTRA: 왼쪽 복직근, RTEO: 오른쪽 외복사근, LTEO: 왼쪽 외복사근, RTIO: 오른쪽 내복사근, LTIO: 왼쪽 내복사근.

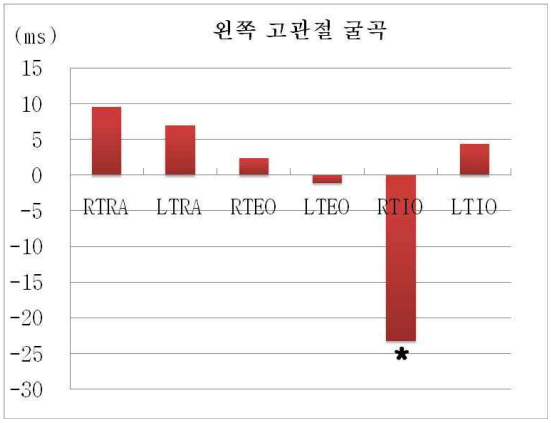

그림 6. 왼쪽 고관절 굴곡시 대퇴직근 개시시점을 기준으로 한 체간근육의 근수축 개시시간 비교(*p<.05). RTRA: 오른쪽 복직근, LTRA: 왼쪽 복직근, RTEO: 오른쪽 외복사근, LTEO: 왼쪽 외복사근, RTIO: 오른쪽 내복사근, LTIO: 왼쪽 내복사근.

23.24±15.56 ㎳ 먼저 수축하였다(p<.05). 왼쪽 외복사근 역시 대퇴직근보다 1.14±10.58 ㎳ 이전에 근수축을 보였지만 통계적으로 유의하지 않았다. 왼쪽 대퇴직근의 수축이후에 오른쪽 외복사근(2.37±7.43 ㎳), 왼쪽 내복사근(4.40±13.52 ㎳), 왼쪽 복직근(6.92±5.31 ㎳), 오른쪽 복직근(9.56±8.99 ㎳)의 순서로 근수축이 일어났으나 통계적으로 유의하지 않았다(그림 6).

Ⅳ. 고찰

서 있는 동안 수의적 움직임과 연관된 반발력의 조절은 기능적으로 선 자세에서 균형을 유지하는데 있어 필수적인 요소로 알려져 있다(Alexander, 1994; Berg, 1989; Patla 등, 1992). 수의적 움직임은 국소 움직임 요소와, 자세조절 요소로 이루어져 있으며(Frank와 Earl, 1990), 국소움직임 이전에 자세조절 근육들이 먼저 활동함으로써 국소움직임에 의해 발생되는 자세동요를 최소화시킨다(Agid, 1990; Bouisset과 Zattara, 1987; Frank와 Earl, 1990; Hodges와 Richardson, 1997b; Hodges 등, 2000; Le Bozec 등, 2001; Massion, 1994).

몇몇 저자들은 복직근과 척추기립근의 수축이 어깨 굴곡(Aruin와 Latash, 1995; Bouisset과 Zattara, 1987)과 신전(Aruin과 latash, 1995; Friedli 등, 1984)에 앞서 일어난다는 것을 밝혀냈다. 또한 다열근(Wilke 등, 1995)과 복횡근(Cresswell 등, 1992; Cresswell 등, 1994)이 척추 안정성을 조절하는데 관여하는 것으로 나타나고 있다. 이전의 연구들에 따르면 복횡근, 내복사근과 같은 심부 복근은 상지(Hodges 등, 1999; Hodges와 Richardson, 1997b)나 하지(Hodges와 Richardson, 1997a)의 움직임 방향에 상관없이 피드포워드로 작용하여 자세조절에 관여하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 어깨 굴곡시 통계적으로 유의하지는 않았지만 반대측 내복사근과 척추 기립근의 수축이 선행적으로 일어났다. 오른쪽 어깨 굴곡시 왼쪽 척추기립근과 내복사근은 오른쪽 전삼각근에 비해 8.09±11.26 ㎳, 19.83±18.23 ㎳ 먼저 수축하였고, 왼쪽 어깨 굴곡시 오른쪽 척추기립근과 내복사근이 8.85±8.05 ㎳, 14.31±13.31 ㎳ 먼저 수축하는 것으로 나타났다. 어깨를 빠르게 움직이도록 하였을 때 좌, 우측 체간근육 모두 50 ㎳ 범위 안에서 근수축을 보여 피드포워드로써 작용하는 것을 알 수 있었으며 반대쪽 체간근육이 같은쪽 체간근육에 비해 더 빨리 수축하는 경향을 보였다(Aruin과 Latash, 1995; Hodges 등, 1999). 이러한 어깨 굴곡 전에 발생하는 척추기립근의 선행적 수축은 무게중심이 과도하게 전방으로 이동되는 것을 방지하는 역할을 하여 자세조절에 기여한다(Hodges 등, 1999; Hodges와 Richardson, 1997b).

체간의 선행적 자세조절과 관련한 연구들은 상지의

움직임에 관련한 연구가 대부분이고, 하지의 움직임과 관련한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고관절 굴곡시 좌, 우측 체간근육의 근수축 개시시간에 대해서 알아보았다. 시작자세가 고관절이 90도 굴곡되어 있는 상태임에도 불구하고, 선행연구들과의 비교를 위해서 본 연구에서도 고관절 굴곡의 주동근으로 대퇴직근의 근수축 개시시간을 측정하였다(Dickstein 등, 2004; Hodges와 Richardson, 1997b). 실험결과 오른쪽 고관절 굴곡시 왼쪽의 내복사근이 오른쪽 대퇴직근에 비해 28.29±13.65 ㎳ 먼저 수축하였고($p<.05$), 왼쪽 고관절 굴곡시에도 오른쪽 내복사근이 왼쪽 대퇴직근에 비해 23.24±15.56 ㎳ 먼저 수축하는 것으로 나타났다($p<.05$). 이와 같은 내복사근의 긴장성 수축은 사지의 움직임 전에 척추간 분절의 안정성에 더욱 강력한 지지를 제공한다(Hodges와 Richardson, 1997a). 본 실험에서 어깨 굴곡시 내복사근의 선행적 활성화 정도가 유의하지 않게 나온 것과 대조적으로 고관절 굴곡시에서 반대쪽의 내복사근이 모두 유의한 차이를 보임으로써 상지의 움직임보다 하지의 움직임이 체간의 선행적 자세조절을 일으키는데 더 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 오른쪽 고관절 굴곡시와 왼쪽 고관절 굴곡시에 대퇴직근에 비해 같은쪽 내복사근이 각각 50 ㎳ 범위인 2.59±11.57 ㎳, 4.40±13.52 ㎳ 이후에 수축하는 것으로 나타나 피드포워드로 작용한다는 것을 알 수 있었다(Aruin과 Latash, 1995; Hodges 등, 1999). Hodges와 Richardson(1997a)의 연구에서는 고관절 굴곡시 대퇴직근에 앞서 복직근이 수축하였다고 하였으나, Dickstein 등(2004)은 대퇴직근이 수축한 이후 복직근이 수축하는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 통계적으로 유의하지는 않았지만 Dickstein 등(2004)의 연구와 같이 대퇴직근의 수축 이후에 복직근의 수축이 나타났다. 이러한 결과는 자세안정성의 차이에 기인한 것으로 Dickstein 등(2004)과 본 실험에서는 고관절 굴곡시 측정자세를 앉은 자세에서 측정하였고 Hodges와 Richardson(1997a)의 연구에서는 선 자세에서 측정하여 좁은 기저면과 높은 무게중심으로 인한 자세적 불안정성이 복직근의 개시시간을 앞당긴 것으로 보인다. 외복사근 또한 통계적으로 유의하지는 않았지만 대퇴직근에 선행하여 근수축을 보였다. 본 연구에서는 오른쪽과 왼쪽 고관절 굴곡시에 왼쪽 외복사근이 대퇴직근의 수축에 앞서 2.55±9.86 ㎳, 1.14±10.58 ㎳ 선행하여 근수축이 나타났다. 이것은 외복사근이 복압의 형성에 기여하여 척추의 안정성을 조절하는 역할을 하기 때문이다(Cresswell 등, 1992; Hodges와 Richardson, 1997b).

체간의 선행적 근수축 개시시간이 편마비 환자에 있어서는 지연되어 나타난다는 연구가 보고 된 바 있다. Horak 등(1984)의 연구에서는 건측 팔을 들었을 때, 반대쪽 체간의 부척추근과 대퇴직근의 수축이 지연되어 나타났고, Diskstein 등(2004)의 좌, 우측 상 · 하지 움직임을 통해 양쪽 체간근육의 개시시간을 비교한 연구에서는 정상인의 개시시간에 비해 유의하게 지연되었다고 하였다. 이것은 중추신경계의 손상으로 인하여 감소된 하행정보가 운동신경원을 흥분시키기에 부족하거나, 비손상측 중추신경에서 내려가는 하행정보가 반대쪽으로 교차함으로 흥분성이 적은 운동신경원에 도달하기 때문이다(Horak 등, 1984). 이러한 국소적 움직임시 자세조절근육들의 근수축 패턴에 관한 연구들은 대부분 건측 팔을 들었을 때 환측의 체간근육만을 평가하였다(Horak 등, 1984). Dickstein 등(2004)의 연구에서 양쪽 체간근육을 모두 측정하였지만, 상지 움직임시에는 복측 근육만을 측정하였고, 하지 움직임시에는 배측 근육만을 한정하여 측정하여 전체적인 체간의 자세조절을 알 수 없는 제한점을 가지고 있다.

본 연구에서는 정상인을 대상으로 사지 움직임시 양쪽 체간근육의 개시시간을 측정하여 선행적 근수축의 패턴을 알아보았다. 어깨 굴곡시 통계적으로 유의하지 않았지만 반대쪽 내복사근과 척추 기립근의 수축이 전삼각근에 선행하여 나타났고, 고관절 굴곡시에는 통계적으로 유의하게 반대쪽 내복사근의 수축이 선행하여 나타났다. 상지와 하지의 움직임시 반대측 체간근육의 개시시간이 각각 더 빠르게 나타났으며, 고관절 굴곡시 복직근의 개시시간이 대퇴직근의 수축 이후에 나타나는 것으로 관찰되었다. 하지만 연구의 대상자 수가 적어서 일반화시키기 어려운 점을 고려하여 향후 연구에서는 더 많은 정상인을 대상으로 사지의 움직임시 체간의 근수축 개시시간을 측정하여 정상적인 자세조절 순서의 기준을 마련하는 연구가 필요하겠다. 또한 편마비환자 등의 좌우 비대칭적인 근활성 패턴을 가진 환자와 비교하여 환자의 특성을 이해하고 근재교육 등의 재활 훈련에 기본 자료로써 활용되기를 기대한다.

V. 결론

본 연구는 상 · 하지 움직임시 체간의 선행적 자세조절 패턴을 알아보고자 실시하였다. 어깨 굴곡시 통계적

으로 유의하지는 않았지만 반대쪽 내복사근과 척추 기립근의 수축이 전삼각근에 선행하여 나타났고, 고관절 굴곡시에는 통계적으로 유의하게 반대쪽 내복사근의 수축이 가장 먼저 일어났다. 상지와 하지의 움직임시 반대측 체간근육의 개시시간이 더 빠르게 나타나는 경향을 보였으며, 고관절 굴곡시 복직근의 개시시간이 대퇴직근의 수축 이후에 나타나는 것으로 관찰되었다. 본 연구는 좌, 우측 상・하지 움직임시 양쪽 체간근육의 개시시간을 확인하여 정상인의 체간 근육의 자세조절전략을 이해하고자 실시하였다. 하지만 대상자의 수가 15명으로 적어서 일반화시키기 어렵다는 제한점을 가지고 있다. 앞으로 더 많은 정상인을 대상으로 사지의 움직임시 체간의 근수축 개시시간을 측정하여 정상적인 자세조절 순서의 기준을 마련하는 연구가 필요하겠다.

인용문헌

Agid Y. From posture to initiation of movement. Rev Neurol (Paris). 1990;146(10):536-542.

Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(3 suppl 1):S86-S92.

Alexander NB. Postural control in older adults. J Am Geriatr Soc. 1994;42(1):93-108.

Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. Exp Brain Res. 1995;103(2):323-332.

Belen'kiĭ VE, Gurfinkel' VS, Pal'tsev EI. Control elements of voluntary movements. Biofizika. 1967;12(1):135-141.

Berg K. Balance and its measure in the elderly: A review. Physiother Can. 1989;41(5):240-246.

Bouisset S, Zattara M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. J Biomech. 1987;20(8):735-742.

Brown JE, Frank JS. Influences of event anticipation on postural actions accompanying voluntary movement. Exp Brain Res. 1987;67(3):645-650.

Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. Acta Physiol Scand. 1992;144(4):409-418.

Cresswell AG, Oddsson L, Thorstensson A. The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. Exp Brain Res. 1994;98(2):336-341.

Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in post stroke hemiparetic patients. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(2):261-267.

Diener HC, Dichgans J, Bootz F, et al. Early stabilization of human posture after a sudden disturbance: Influence of rate and amplitude of displacement. Exp Brain Res. 1984;56(1):126-134.

Frank JS, Earl M. Coordination of posture and movement. Phys Ther. 1990;70(12):855-863.

Friedli WG, Cohen L, Hallet M, et al. Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements. II. Biomechanical analysis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1988;51(2):232-243.

Friedli WG, Hallett M, Simon SR. Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements 1. Electromyographic data. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1984;47(6):611-622.

Hodges P, Cresswell A, Thorstensson A. Preparatory trunk motion accompanies rapid upper limb movement. Exp Brain Res. 1999;124(1):69-79.

Hodges PW, Cresswell AG, Daggfeldt K, et al. Three dimensional preparatory trunk motion precedes asymmetrical upper limb movement. Gait Posture. 2000;11(2):92-101.

Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther. 1997a;77(2):132-142.

Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. Exp Brain Res. 1997b;114(2):362-370.

Horak FB, Diener HC, Nashner LM. Influence of central set on human postural responses. J Neurophysiol. 1989;62(4):841-853.

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):1020-1028.

Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. Exp Brain Res. 1990;82(1):167-177.

Hugon M, Massion J, Wiesendanger M. Anticipatory postural changes induced by active unloading and comparison with passive unloading in man. Pflugers Arch. 1982;393(4):292-296.

Keshner EA, Woollacott MH, Debu B. Neck, trunk and limb muscle responses during postural perturbations in humans. Exp Brain Res. 1988;71(3):455-466.

Le Bozec S, Lesne J, Bouisset S. A sequence of postural muscle excitations precedes and accompanies isometric ramp efforts performed while sitting in human subjects. Neurosci Lett. 2001;303(1):72-76.

Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(2):242-249.

Massion J. Movement, posture and equilibrium: Interaction and coordination. Prog Neurobiol. 1992;38(1):35-56.

Massion J. Postural control system. Curr Opin Neurobiol. 1994;4(6):877-887.

Massion J, Ioffe M, Schmitz C, et al. Acquisition of anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task: Normal and pathological aspects. Exp Brain Res. 1999;128(1-2):229-235.

Nashner LM. Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. Exp Brain Res. 1977;30(1):13-24.

Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. J Spinal Disord. 1992;5(4):383-389.

Patla AE, Frank JS, Winter DA. Balance control in the elderly: Implications for clinical assessment and rehabilitation. Can J Public Health. 1992;83 Suppl 2:S29-S33.

Ramos CF, Stark LW. Postural maintenance during movement: Simulations of a two joint model. Biol Cybern. 1990;63(5):363-375.

Rogers MW, Pai YC. Dynamic transitions in stance support accompanying leg flexion movements in man. Exp Brain Res. 1990;81(2):398-402.

Tyler AE, Hasan Z. Qualitative discrepancies between trunk muscle activity and dynamic postural requirements at the initiation of reaching movements performed while sitting. Exp Brain Res. 1995;107(1):87-95.

Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, et al. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. Spine. 1995;20(2):192-198.

Wolfson L, Whipple R, Derby CA, et al. A dynamic posturography study of balance in healthy elderly. Neurology. 1992;42(11):2069-2075.

Zattara M, Bouisset S. Posturo-kinetic organisation during the early phase of voluntary upper limb movement. 1. Normal subjects. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1988;51(7):956-965.

논 문 접 수 일	2008년 2월 16일
논문게재승인일	2008년 4월 30일