

대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제11권 제1호, 2013년 6월
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
Vol.11, No.1, June 2013, pp.55~62

기능적 팔 뻗기 시 근 활성화에 관한 연구

채정병

마산대학교 물리치료과

The Study of Muscle Activity on Functional Reaching

Jung-Byung Chae, PT, PhD.

Dept. of Physical Therapy, Masan University

ABSTRACT

Purpose : This study was assessed muscle activity and onset time in trunk and upper extremity on functional reaching.

Methods : The participant was 18 female(young 10, old 8). As functional reaching, we collection data by using EMG(MP150) on transverse abdominis, external oblique, erector spinae, deltoid middle and serratus anterior.

Results : 1) In functional reaching, transverse abdominis, external oblique, erector spinae and deltoid middle muscle activity was augmented on old female($p > .05$). Serratus anterior was augmented on young female($p > .05$). 2) In functional reaching, transverse abdominis and erector spinae muscle onset time is significantly faster old female than young female($p < .05$). External oblique and serratus anterior muscle onset time is faster old female than young female($p > .05$). 3) As increase of age muscle activity of external oblique was more increased that we found .511 a coefficient correlation and onset time more faster on transverse abdominis and erector spinae were each -.492 and -.554 coefficient correlation.

Conclusion : The muscle activity and onset time was difference in functional reaching according to ageing and task context. It is necessary concentration and attention to old female than young female. Therefore, these results suggest that importance of anticipatory postural control and selective strategy of postural control.

Key Words : Functional reaching, Muscle activity, Onset time.

I. 서론

과제에 대한 동작수행과 환경적 상황(context)에서 신체 분절의 다양한 변화는 일상생활을 할 때 균형에 영향을 주며(Huxham 등, 2001) 앉은 자세에서 팔 길이 안이나 그 이상의 거리에 대한 물건을 잡기 위해 팔 뻗기를 하는 동안 균형을 유지하는 능력은 독립된 생활을 위해서 필수적이다(Janet Carr, 2004).

팔은 한손 또는 양손을 사용하여 복잡한 일을 하는 것과 관련이 있으며 손으로 물체를 적절하게 조작하고, 한 곳에서 다른 곳으로 물체를 옮기는 기능을 가지고 있다(Janet Carr, 2004).

팔 뻗기와 조작 기술의 발달은 복잡한 과정으로 많은 행동들의 발달과 직접적인 관련이 있으며 목표물의 위치는 눈과 머리, 그리고 몸통의 협응이 요구된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

앉은 자세에서 팔 기능의 동작에는 몇 개의 자유도(degree of freedom)를 가지며, 앉은 자세에서 팔 길이 안의 뻗기에 있어 몸통과 팔의 상호 연관된 움직임에 대한 Kaminskie(1995)등의 연구를 보면 과제와 상황에 따라 수행에 변화가 있지만 대상자들 간의 수행에 있어서는 일관성을 보였다. 팔 뻗기의 거리는 몸통과 팔 사이의 시간적, 공간적 협응에 영향을 주며(Saling 등, 1996), 뻗기 거리가 증가할수록 몸통과 팔 움직임의 크기는 증가하고 몸통은 전반적인 이동의 역할을 담당한다고 보고하였다(Seidler와 Stelmach, 2000).

일반적으로 몸통 근육은 앉은 자세에서 팔과 관련된 운동을 할 때 자세 안정화에 기여한다. 그러나 뻗기와 같은 동작에서 목표지점까지 손을 이동시키기 위해 팔 길이가 이상으로 과제를 수행할 때 몸통은 도달할 수 있는 거리를 늘리는 역할을 하게 된다(Kaminskie, 1995; Dean 등, 1999a, 1999b).

균형처리에 대한 나이의 영향은 신경계와 근골격계의 퇴행을 가진 노인들에게는 복잡하고 어려운 과정이며 이러한 요인은 노인들에게 균형조절의 손상과 넘어짐에 대한 가능성이 증가하는 요인이다. 노인층에서 자세 불안정과 넘어질 가능성은 감소된 시각과 주변 환경 분

석에 대한 민감성 손상, 감소된 말초감각, 전정계의 기능장애(Woollacott 등, 1986)와 느린 근육 반응시간(Stelmach와 Worringham, 1985)과도 연관이 있다.

자세 안정성은 근력과 근골격계 유연성의 감소와 연관된 생역학적 요소에 의해 제한되며 70세 이상의 나이에서 근 위축은 가속화 된다(Danneskiold 등, 1984).

근 길이와 뻗뻗함과 같은 이차적인 근육의 변화는 근 활성화와 균형에 큰 영향을 미치며 감소된 연부조직 탄력성과 가동성을 제한하는 근육의 단축은 노인들의 동작과제 수행의 균형에 부정적인 영향을 줄 것이다(Vandervoort, 1999).

현재까지의 기능적 뻗기에 관한 연구는 Duncan(1990)등이 제시한 선 자세에서 발의 움직임 없이 균형을 유지할 수 있는 한계까지 전방으로 팔을 뻗는 전방 닿기 검사가 주를 이루어왔다.

이 검사는 노인들에게서 일어나는 넘어짐에 대한 높은 예측을 가지고 있으나 전방으로의 안정성 한계만을 알 수 있는 제한을 가지고 있다.

이에 본 연구는 일상생활동작의 앉은 자세에서 측방의 물건 쥐기를 위한 팔 뻗기 시 근 활성을 알아보고자 젊은 여성과 노인 여성을 대상으로 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 연구 목적과 실험 절차에 동의한 젊은 여성 10명과 노인 여성 8명을 대상으로 신경계 및 근골격계의 병리적 소견이 없고 어깨관절과 몸통 가동범위의 제한이 없으며, 구두명령에 대해 명료한 의사소통이 가능한자를 대상으로 실험을 진행하였다.

2. 측정방법

1) 근 활성

기능적 팔 뻗기 시 근 활성을 알아보기 위하여 표면

근전도 MP150 WSW(BIOPAC System Inc. CA, USA)를 이용하였으며, 표면 근전도 신호는 MP150 WSW로 얻어 디지털 신호로 바꾼 다음, 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.7.3(BIOPAC System Inc. Santa Babara, USA) 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호처리를 하였다.

근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,000 Hz로 설정하였고 증폭된 파형을 대역통과필터(band pass filter) 60~500Hz와 60Hz 노치 필터(notch filter)를 이용하여 필터링하였다.

수집된 신호를 정량화하기 위해 실효평균값(root mean square; RMS)처리를 하였다(Cram 등, 1998).

2) 실험절차

본 연구에서는 기능적 팔 뻗기 시 근 활성을 알아보기 위하여 복횡근, 외복사근, 척추기립근, 삼각근 중부, 전거근을 선택하였으며, 이들 근육에 대한 근전도 전극 부착부위는 Delagi(1980)등이 제시한 위치에 근거하여 전극을 부착하였다.

표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 도자 부착부위를 제모한 후 알코올 솜으로 깨끗이 닦아 피부저항을 최소화하였으며, 접지전극(ground electrode)은 소량의 전해질 젤을 바른 표면전극을 척골의 경상돌기에 부착하였다. 모든 전극의 부착과 실험의 진행은 측정자간 오차를 최소화하기 위하여 숙련된 물리치료가 실시하였다.

기능적 팔 뻗기의 측정 자세는 본 연구를 위해 구조화되고 고안된 자세로, 대상자가 의자에 앉은 위치에서 오른쪽 바깥방향으로 40cm, 그 지점에서 앞으로 40cm에 위치한 테이블 위의 종이컵 잡기의 과제를 주어 대상자가 손으로 종이컵을 잡기까지의 구간에서 3회씩 반복 측정하여 평균값을 수집하였다.

3. 자료분석

본 연구 대상자 18명으로부터 수집된 자료는 Win-

dow용 SPSS Version 12.0을 사용하여 군 간의 근 활성화도와 개시시간은 독립표본-t검정을 실시하였으며, 연령과 근육간의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관계수를 이용하였으며 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구는 젊은 여성 10명과 노인 여성 8명을 대상으로 하였으며, 평균연령은 젊은 여성 21.70세, 노인 여성 72.22세였으며, 평균 신장은 젊은 여성 160.20cm, 노인 여성 156.78cm이었고, 평균 체중은 젊은 여성 50.40kg, 노인 여성 57.00kg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

	Young female	Old female
Age(yrs)	21.70±2.87	72.22±1.86
Height(cm)	160.20±4.59	156.78±5.29
Weight(kg)	50.40±4.99	57.00±8.19

2. 근 활성화

기능적 팔 뻗기 동작 수행 시 젊은 여성과 노인 여성의 근 활성화에서 복횡근은 젊은 여성 0.0168 ± 0.0158 , 노인 여성 0.3030 ± 0.5411 , 외복사근은 젊은 여성이 0.0843 ± 0.1911 , 노인 여성 0.7430 ± 0.8724 , 척추기립근은 젊은 여성 0.0496 ± 0.0700 , 노인 여성 0.2250 ± 0.4981 , 삼각근 중부는 젊은 여성 0.0560 ± 0.0465 , 노인 여성 0.4220 ± 0.5686 로 대부분의 근육에서 노인 여성의 근 활성화가 높게 나타났으나 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

전거근은 젊은 여성 0.3080 ± 0.6090 , 노인 여성 0.2740 ± 0.5015 로 젊은 여성에서 높게 나타났으나 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 2).

3. 근 개시 시간

기능적 팔 뻗기 동작 수행 시 젊은 여성과 노인 여성의 근 개시시간에서 복횡근은 젊은 여성 6.507 ± 0.163 , 노인 여성 6.303 ± 0.243 , 척추기립근은 젊은 여성 6.785 ± 0.366 , 노인 여성 6.349 ± 0.352 로 노인 여성에서 빠르게 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 외복사근에서 젊은 여성 6.567 ± 0.169 , 노인 여성 6.474 ± 0.253 , 전거근에서 젊은 여성 6.629 ± 0.339 , 노인 여성 6.398 ± 0.340 으로 노인 여성에서 빠르게 나타났으나 두 군 간의 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 삼각근 중부의 근 개시 시간은 젊은 여성이 6.185 ± 0.125 , 노인 여성 6.285 ± 0.256 로 젊은 여성에서 빠르게 나타났으나 두 군 간의 유의한 차이는 없었다($p > .05$)(Ta-

ble 3).

4. 연령과 근육 간 근 활성의 상관관계

연령에 따른 근 활성의 상관계수를 보면 연령이 증가할수록 외복사근의 활성이 0.511로 중간 정도 양의 상관관계에 있는 것으로 나타났다.

근육 간 근 활성의 상관계수를 보면 복횡근의 근 활성도이 증가함에 따라 외복사근 0.630, 척추기립근 0.806, 삼각근 중부섬유 0.870으로 강한 양의 상관관계를 보였으며, 척추기립근의 근활성이 증가함에 따라 삼각근 중부섬유 0.645로 강한 양의 상관관계를 보였으며 전거근과의 상관계수는 0.577로 중간 정도 양의 상관관계를 보였다.

Table 2. Comparison of muscle activity between each groups

	Young female	Old female	p
Transverse abdominis	.0168 ± .0158	.3030 ± .5411	.151
External oblique	.0843 ± .1911	.7430 ± .8724	.055
Erector spinae	.0496 ± .0700	.2250 ± .4981	.285
Deltoid middle	.0560 ± .0465	.4220 ± .5686	.090
Serratus anterior	.3080 ± .6090	.2740 ± .5015	.897

Table 3. Comparison of muscle onset time between each groups

	Young female	Old female	p
Transverse abdominis	6,507 ± 0,163	6,303 ± 0,243	.045*
External oblique	6,567 ± 0,169	6,474 ± 0,253	.358
Erector spinae	6,785 ± 0,366	6,349 ± 0,352	.017*
Deltoid middle	6,185 ± 0,125	6,285 ± 0,256	.311
Serratus anterior	6,629 ± 0,339	6,398 ± 0,340	.157

Table 4. According to aging and inter muscles correlation of muscle activity

	Age	Transverse abdominis	External oblique	Erector spinae	Deltoid middle	Serratus anterior
Transverse abdominis	.379					
External oblique	.511(*)	.630(**)				
Erector spinae	.262	.806(**)	.554(*)			
Deltoid middle	.452	.870(**)	.502(*)	.645(**)		
Serratus anterior	-.0422	.472(*)	.400	.577(**)	.364	

복횡근의 근활성이 증가함에 따라 척추기립근의 상관계수는 0.554, 삼각근중부섬유 0.502로 중간 정도 양의 상관관계를 보였으며, 전거근에서는 0.400으로 약한 양의 상관관계를 보였다.

삼각근 중부섬유와 전거근의 상관계수는 0.364로 약한 양의 상관관계를 보였다(Table 4).

5. 연령에 따른 근 개시 시간의 상관관계

연령과 근 개시 시간의 상관계수를 보면 복횡근이 -0.492, 척추기립근 -0.554로 중간정도 음의 상관관계를 보였다(Table 5).

IV. 고찰

신체의 안정성에 영향을 주는 주요인으로는 지지면의 넓이, 지지면에서 중력 중심점까지의 거리, 중력 중심선의 지지면에 대한 위치, 질량, 외력, 마찰력 등을 들 수 있다(오정희, 1990).

안정성은 정적 안정성과 동적 안정성으로 나누어지며(Schenkman, 1989, 채정병, 2006), 정적 안정성은 신체를 움직이지 않고 기저면내에 중력 중심선이 있도록 하여, 어떠한 가속도 없으면서 중력과 지면 반발력이 평형을 이루는 상태로 이때 압력 중심뿐만 아니라 수평력의 변화가 함께 고려되어야 한다(Goldie 등, 1990; 채정병, 2006). 동적 안정성은 진동 발생 후 신체가 기저면 내에 중력 중심선이 있도록 하는 능력으로 0보다 큰 속도를 나타내며(송주민, 1994), Ruskin(1984)은 동적 균형을 중력 중심선이 변할 때의 균형이라 하였고, 체중의 위치를 변화시키거나, 어떤 동작을 할 때 균형유지의 정도로써 평가 할 수 있다고 하였다.

과제 수행의 상황적 동작에서 근육의 수의적 수축은

느린(slow; type I) 운동단위가 처음으로 동원되어지고, 힘 출력의 증가와 함께 더욱 빠른(fast; type II) 운동단위가 활성화된다(채정병, 2006). 근력 또는 근육 내 발생하는 힘의 양은 나이와 비례하여 감소하며(Aniansson 등, 1986), 최대하(sub-maximal)수준으로 근수축을 지속적으로 유지하는 능력인 지구력 또한 나이가 들어감에 따라 감소된다. 그러나 지구력은 근력보다는 연령이 증가해도 더 잘 유지된다(Medina, 1996). 나이가 들어감에 따라 근섬유는 I 형보다는 속근인 II 형 근섬유가 먼저 소실되는 것으로 나타났다(Timiras, 1994). 또한 노인들에서는 주어진 관절에서 주동근과 길항근이 공동수축(co-contraction)하는 양상이 젊은 성인군에 비해 유의하게 더 증가하여 발생하며, 동작 수행을 보상 할 때 젊은 성인보다 많은 노인에서 관절이 더 경직되는 경향을 보인다고 하였다(Woollacott 등, 1986).

팔의 움직임은 반작용 모멘트를 발생시키고 이것이 인접한 신체 분절에 전달하게 되는 것과 같이 양측성, 비대칭적인 형태의 팔 운동이 일어날 때 중추신경계의 조절전략으로 몸통의 동요를 수정하기 위한 대응 동작을 수반한다(김병조, 2003; Hodges 등, 2000).

복잡하게 배열된 몸통의 근육들은 직접적, 간접적(복강내압의 발생)으로 몸통을 조절할 수 있다(Granata와 Marras, 1995). 몸통의 표면 근육인 복직근, 외복사근, 척추기립근 등은 팔, 다리 움직임의 방향에 따라 다양한 형태로 작용하고, 팔 다리의 동작에 선행한 대응 몸통 동작의 발생과 일치한다. 반대로 복횡근의 반응은 반작용 모멘트의 방향에 의한 영향을 받지 않고, 몸통유지의 비방향성 조절(non-direction specific control)에 기여하며, 복횡근에 의한 복부내압 발생이 자세 조절에 기여한다(김병조, 2003; Hodges 등, 2000).

본 연구는 기능적 팔 뻗기 시 복횡근, 외복사근, 척추

Table 5. According to aging correlation of muscle onset time

	Transverse abdominis	External oblique	Erector spinae	Deltoid middle	Serratus anterior
Age	-.492(*)	-.246	-.554(*)	.240	-.334

기립근, 삼각근 중부, 전거근에 대한 근활성에 관해 젊은 여성과 노인 여성의 동작수행 시 근 활성화와 근 개시 시간에 대하여 연구하였다. Inglin과 Woollact(1988)는 예측방법(anticipatory manner)에서 자세조절 협력근 반응을 활성화시키는 능력을 평균연령 26세군과 평균연령 71세군을 통하여 자세조절과 연령과의 관계를 연구한 결과 자세 유지근의 수축 개시시간이 젊은 성인보다 노인에서 현저히 지연되었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 복횡근과 외복사근, 척추기립근, 전거근에서 젊은 여성군보다 노인 여성군에서 빠른 근 개시시간을 보였다. 이러한 결과는 의식적 움직임의 조절에 대한 노인의 인지적 반응의 개입으로 이미 동작의 난이도에 대한 해석에 따른 필요한 안정성(stability)을 확보하기 위한 노인 여성군에서의 선행적 자세조절로 생각되어지며 팔을 뻗는 동작에서의 몸통과의 분절적 배치와 조율은 과제 상황에 따라 연령이 높을수록 주의력(attention)과 집중력(concentration)이 개입된 것으로 생각된다. 그러나 삼각근 중부는 젊은 여성군에서 빠른 근 개시시간을 나타내었는데 이러한 결과 역시 근위부인 몸통 안정성을 자동적 자세조절(automatic postural control)로 이미 확보한 젊은 여성군에서 뻗기의 주작용 분절인 팔의 근 활성화가 먼저 반응한 것으로 생각되어진다.

본 연구의 근 활성화에서는 노인 여성군이 복횡근과 외복사근, 척추기립근, 삼각근 중부가 젊은 여성군에서 보다 높은 근 활성을 보였으며 전거근에서는 젊은 여성군에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 과제 수행에 대한 자세조절과 균형조절 능력이 저하된 노인들에게서 특정과제에 대한 불안정성을 보상하기 위한 의식적 개입에 따른 결과로 보인다.

기능적 팔 뻗기 시 복횡근, 외복사근, 척추기립근, 삼각근 중부, 전거근에 대한 연령에 따른 근육의 상관관계에서는 연령이 증가할수록 외복사근의 근 활성화가 증가하는 중간정도 양의 상관관계를 보였으며, 근 개시시간에 있어서도 연령이 증가할수록 복횡근과 척추기립근의 개시 시간이 빨라지는 중간 정도 음의 상관관계를 보였다. 이러한 결과들은 본 연구에서 제공된 기능적

팔 뻗기 동작 시 몸통분절에 필요한 회전요소를 노인 여성군에서는 외복사근의 작용을 더욱 필요로 하였고, 안정성 확보를 위해서는 몸통 안정성 근육인 복횡근과 척추기립근의 선행적 조절을 통해 개시시간을 빠르게 반응한 것으로 보인다. 또한 특정 동작을 수행하는 동적 안정성의 측면에서 젊은 여성들의 자세조절 능력과 노인 여성들의 자세조절 능력의 전략(strategy)적 선택이 수정되어지고 있음을 보여준다.

과제 수행에서의 자세조절은 단순히 근골격 시스템의 노화에 따라 평가되는 것이 아니라 신경학적 처리과정과 같은 복합적인 연관성을 지니고 상황의 분석과 처리과정을 필요로 한다.

Teasdale(1993)등은 8명의 젊은 성인(평균24세)과 9명의 노인(71세)을 대상으로 정상 지지면에서 서 있을 때와 스펀지위에 서 있을 때에서 청각자극을 주어 버튼을 누르게 하는 과제를 시행하여 반응시간(reaction time)을 평가하였다. 그의 연구에서 체성감각정보가 감소함에 따라 젊은 성인과 노인군에서 반응시간이 증가하여 나타났다. 특히 노인에서 그 영향이 과도하게 증가하였음을 보고하고 있고, 이것은 집중력(concentration)의 정도는 동작수행 과제가 가진 고유의 불안정 정도와 난이도에 따라 달라지고, 노인일수록 자세유지를 위해 더 많은 주의력(attention)과 집중력(concentration)이 요구된다는 것을 의미한다.

V. 결론

본 연구는 18명의 여성(젊은 여성 10명, 노인 여성 8명)을 대상으로 기능적 팔 뻗기 시의 몸통근육과 팔 근육의 근 활성화와 근 개시 시간을 알아보았다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 기능적 팔 뻗기 시, 근 활성화도는 복횡근, 외복사근, 척추기립근, 삼각근 중부의 근 활성화가 노인 여성에서 더 높게 나타났으며($p > .05$), 전거근은 젊은 여성에서 더 높게 나타났으나 두 군 간에 유의한 차이는 없었다($p > .05$).
2. 기능적 팔 뻗기 시, 근 개시 시간은 복횡근과 척

추기립근에서 노인 여성이 젊은 여성보다 통계적으로 유의하게 빠르게 나타났으며($p < .05$), 외복사근과 전거근에서는 노인여성이 젊은 여성 보다 빠르게 나타났으나 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

3. 연령이 증가할수록 외복사근의 근 활성이 증가하는 중간정도 양의 상관관계를 보였으며, 복횡근과 척추기립근의 개시 시간이 빨라지는 중간 정도 음의 상관관계를 보였다.

참고 문헌

- 김병조. 노력성 호흡운동이 편마비 환자의 보행 특성에 미치는 영향. 미간행 대구대학교 대학원 박사학위 청구 논문. 2003.
- 송주민. 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 6(1):75-84. 1994.
- 오정희, 이기웅, 박찬의. 임상운동학. 서울 : 대학서림. 1990.
- 채정병. 고유수용성 운동조절이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 미치는 영향. 대구대학교 대학원 박사학위 청구 논문. 2006.
- Aniansson A, Hedberg M, Henning G, et al. Muscle morphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men: a follow up study. *muscle nerve*. 9: 585-591, 1986.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Gaithersburg, Aspen Publisher Inc. 223-383, 1998.
- Danneskiold Samsøe B, Kofod V, Munter J, et al. Muscle strength and functional capacity in 78-81 years old men and women. *Eur J appl physiol*. 52:310-314, 1984.
- Dean C, Shepherd R, Adams R. Sitting balance I: trunk-arm and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting. *Gait Posture*. 10:135-144. 1999a.
- Dean C, Shepherd RB, Adams RD. Sitting balance II: reach direction and thigh support. 1999b.
- Duncan P, Studenski S, Chandler J, Prescott B. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*. 45:192-197, 1990.
- Edward F. Delagi, MD, Aldo perotto, MD et al. Anatomic Guide for the electromyographer. <The Limbs> Second edition. 54-64, 1980.
- Goldie PA, Matyas TA, Spencer KI, McGinley RB. Postural control in standing following stroke: Test-retest reliability of some quantitative clinical test. *Phys Ther*. 70:234-243, 1990.
- Granata KP, Marras WS. An EMG assessed model of trunk loading during free-dynamic lifting. *J Biomech*. 28(11):1309-1317, 1995.
- Hodges PW, Cresswell AG, Daggfeldt K, Thorstensson A. Three dimensional preparatory trunk motion precedes asymmetrical upper limb movement. *Gait and Posture*. 11(2):92-101, 2000.
- Huxham FE, Goldie PA, Patla AE. Theoretical considerations in balance assessment. *Aust J Physiother*. 47:89-100, 2001.
- Inglin B, Woollacott MH. Age-related changes in anticipatory postural adjustments associated with arm movement. *J Gerontol*. 43:105-113, 1988.
- Janet H. Carr, Roberta B. Shepherd. Stroke Rehabilitation: Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill. Butterworth Heinemann. 42-43, 2004.
- Kaminskie TR, Bock C, Gentile AM. The coordination between trunk and arm motion during pointing movement. *Exp Brain Res*.

- 106, 457-466, 1995.
- Medina JJ. The clock of age. New York, Cambridge University. 1996.
- Ruskin AP. Current therapy in psychiatry. Philadelphia : WB Saunder. 26-27, 1984.
- Saling M, Stelmach GE, Mescheriakov S et al. Prehension with trunk-assisted reaching. Behav. Brain Res. 80:153-160, 1996.
- Schenkman M, Buiter RB. A model for multi-system evaluation and treatment of individual with Parkinson's disease. Phys Ther. 69:932-943, 1989.
- Seidler RD, Stelmach GE. Trunk-assisted prehension: specification of body segments with imposed temporal constraints. J Mot Behav. 32:379-389, 2000.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. Motor control : Theory and practical applications. 1st ed. Baltimore, Maryland : Williams & Wilkins. 534-535, 1995.
- Stelmach GE, Worringham C. Sensorimotor deficits related to postural stability: implications for falling in the elderly. Clin Geriatr Med. 1:679-694, 1985.
- Teasdale N, Bard C, Larue J, Fleury M. On the cognitive penetrability of postural control. Exper Aging Res. 19:1-13, 1993.
- Timiras P. Aging of the skeletal, joints and muscle. In: Timiras PS, ed. Physiological basis of aging and geriatrics. 2nd ed. Ann Arbor, MI: CRS, 1994.
- Vandervoort AA. Ankle mobility and postural stability. Physiother Theory Prac. 15:91-103, 1999.
- Woollacott M, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control: changes in coordination. Int J Aging Hum Dev. 23:97-114, 1986.