

노인의 낙상과 균형

대구대학교 재활과학대학원 재활학과 물리치료 전공

김 은 주

대구보건학교

김 태 숙

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

배 성 수

Fall-Related Injury and Balance of the Elderly

Kim, On-Ju, P.T.

Dept. of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

Kim, Tae-Sook, P.T., M.S.

Taegu Bogun School for the Physically Handicapped

Bae, Sung-Soo, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

〈Abstract〉

Balance can be defined as the ability to maintain the body's center of gravity within the base of support with minimal sway. Falls occur frequently in the elderly persons by the physiological change and dysfunction with age.

Injuries resulting from falls include soft tissue damage and fractures of the radius, humerus, and femoral neck other consequences of falls include decreased mobility, reduced confidence, long lies (which can give rise to hypothermia, dehydration and pneumonia), and death

Risk factors for falls have been classified as intrinsic (those related to the individual) and extrinsic(those associated with environmental features). Intrinsic factors include decreased strength, visual deficits, vestibular dysfunction, and decreased vibratory sensation in the feet.

Improvement of the balance related to the increased probability for falls in the elderly persons and is important for fall preventions and improvement of the living quality of the elderly persons

I. 서 론

추락(fall)은 신체가 갑자기 낙하하여 바닥에 닿게 되는 경우이다. 추락이 시작되는 순간의 초기 자세는 서 있거나 앉아 있었을 수도 있으며, 또한 누운 자세일 수도 있다. 낙상(fall injury)이란 추락에 의해 넘어지거나 떨어져서 다칩, 또는 그 상처를 의미한다(Means et al., 1996; Ancker & Di Fabio, 1992). 추락은 어떠한 연령층에서도 흔히 발생하는 현상이며 일반적으로 소아와 노인에서 호발한다. 소아에서는 활동성이 매우 커서 발생하며 노인층에서의 추락은 신체적 기능저하와 관련해서 호발하는데 추락으로 인한 낙상은 노인에서 추락에 의해 발생된 에너지를 흡수하고 완충할 수 있는 능력이 저하되어 경미한 추락이 노인에게는 심각한 손상을 초래하며 노인의 일상생활과 생명에 위협을 초래한다. 낙상 발생율은 연령과 함께 증가하는데 연령과 관련된 생리적 변화인 지각상실, 근골격계 기능장애, 체위의 불안정 등이 원인으로 포함된다. 그러나 반복된 낙상은 다른 신체질환 예를 들면 당뇨병, 심근경색증이나 뇌질환, 파킨슨씨병, 그리고 다른 신경계 장애 등의 증상일 수도 있다(의학교육연구원 편, 1997).

일반적으로 노인은 65세 이상의 사람으로 규정하고 있으며 현대사회로 진행되어 감에 따라 의학의 발전에 따른 보건의료의 질적 향상과 생활환경의 개선 및 개인의 보건에 대한 관심과 노력으로 노인인구가 급증하고 있다(이인학, 1998).

노인에 대한 정의는 각 나라마다 그 기준이 다양한데 국제적인 추세는 55세 이상을 "older", 65세 이상을 "elderly", 80세 이상을 "oldest old"로 구분하였고(김선엽과 이승주, 1993), 권혜정과 이경희(1995)는 노인(old-age)이란 퇴직후 시작되는 인생에 있어서의 마지막 단계로, 관습적으로 노년기라 하며 특히 65(70)세에서 75(80)세 사이를 young-old age라고 하고, 75(80)에서 죽음까지를 old-old age라고 하였다.

우리나라의 경우도 노인인구가 1980년에 전체인구의 3.8%에서 1991년에 5.1%로 증가하였으며, 2000년에는 6.8%, 2020년에는 13.0%로 예측되고 있으며 한국인의 평균수명도 1970년에 63.3세, 1980년에 65.9세, 1990년에 73.6세, 2000년에는 더욱 더 높아질 것으로 예측되고 있다(보건복지부, 1996).

노화에 따른 생리 및 기능장애가 증가함에 따라 일상생활 영위에 필요한 기능이 감퇴하게 되며(김선엽과 이

승주, 1993; 배성수와 박래준, 1990), 노인인구에 대한 사회적 대책은 노인인구 증가와 더불어 국민보건분야에서 차지하는 비중이 점차 커진다고 할 수 있다. 노인의 낙상은 평형을 유지할 수 있는 능력이 저하되어 호발되는 것으로 볼 수 있는데 노인에서 연령의 증가에 따라 낙상의 빈도가 증가하는 추세를 보인다(Horn-brook et al., 1994).

노인들 사이의 낙상의 결과는 치명적이며 65세 이상의 거의 25-35%의 사람들이 매년 한번 또는 더 많은 낙상을 경험하고 있으며(Horn-brook et al., 1994), 65세 이상의 노인들 사이에서 낙상은 그 낙상으로 죽음에 이르게 된다(Kanten et al., 1993).

낙상은 연부조직 손상과 요골, 상완골, 대퇴경 골절을 유발하며 낙상의 다른 결과로는 가동성 감소, 사기 감소(reduced confidence), 장기간 누워 있는 것(체온저하, 탈수증, 궤양을 일으킬 수 있다.), 그리고 죽음에 이르게 한다(Kennedy et al., 1987).

노인들 사이에서 낙상은 실질적인 사망의 원인이며, 낙상의 상해가 유발되지 않을지라도 낙상에 대한 두려움을 상승시키고 그것은 활동성을 저하시키며 근력을 감소시키고 정상적인 자기보호 활동에서 독립성을 감소시키는 원인이 된다(O'Loughlin et al., 1993).

낙상의 위험을 증가시키는 요인들은 내적인 요인들(개인의 내적인 것)과 외적인 요인(환경적인 특징과 관련)으로 분류할 수 있다(Nickens, 1985).

내적인 요인들은 낙상의 가능성을 증가시키는 근력변화, 관절, 시각 감각손상, 전정기능의 감소, 그리고 진동 감각의 감소와 관계가 있다. 내적 요인들에서 기립균형(stance balance)과 가동성 손상이 낙상의 가능성을 더 크게 증가시키며, 골절 그리고 기능적 의지의 가능성을 더 크게 증가시킨다는 것을 보여주었고, 모든 낙상의 10%에서 25% 사이에서 균형감소(poor balance)와 보행 비정상과 관계가 있는 것으로 평가 되었다(Shumway-Cook et al., 1997).

외적인 요인들은 환경적인 요소를 포함하는데 물리적 환경중 낙상의 원인이 되는 것은 미끄러운 바닥(건축재 특성, 젖은 바닥, 눈이 온 경우), 부절한 가구 설치, 눈부신 빛의 반사, 총체 손잡이가 부적절하거나 손잡이가 없는 경우, 조명이 흐릴 때 문제가 된다. 노인에서 인지기능 장애로 환경에 대처하는 능력이 떨어지므로 주의해야 한다.

노인들에서 낙상의 가능성 증가와 관련있는 균형반응의 향상은 낙상을 방지하고 노인들의 생활의 질적인 향

상을 위해서도 중요하다(Harada et al., 1995; Haga et al., 1986). 많은 연구자들이 낙상을 방지하기 위한 여러 가지 다양한 운동프로그램과 낙상예방프로그램에 대해서 많은 보고를 하고 있다(Chandler et al., 1998; Shumway-Cook et al., 1997; Wolf et al., 1997; Lord et al., 1996; Means et al., 1996; Wolfson et al., 1996; Harada et al., 1995; Judge et al., 1994; 1993; Topp et al., 1993; Hamman et al., 1992; Brown & Holloszy, 1991; Fiatarone et al., 1990; Crilly et al., 1989; Lichtenstein et al., 1989; Roberts, 1989; Fansler et al., 1985).

본 연구는 앞에서 살펴본 노인의 낙상과 관련해서 노인의 낙상인자, 균형, 균형향상에 대한 것을 여러 문헌을 통하여 자세히 살펴보고자 한다.

II. 낙상의 인자

노인의 낙상의 주요 위험인자는 전정계 사용, 파킨슨 병, 인지능력장애, 하지의 장애, 보행이상 그리고 시각장애 등이 지적되고 있으며 노인에서 낙상의 위험인자는 크게 환경적인 인자와 신체적인 인자로 구분할 수 있다(Shumway-Cook et al., 1997).

환경적 인자는 물리적 환경과 시각적 환경으로 구분할 수 있으며 물리적 환경은 미끄러운 바닥, 울퉁불퉁한 음단 또는 장애물(전기코드 등), 문지방, 화장실의 미끄러운 바닥이나 수도꼭지, 손잡이가 없는 것, 계단의 손잡이가 없음 또는 경사가 급한 환경으로 인해서이며, 시각적 환경으로 불충분한 조명이 낙상의 원인이 된다(Connell & Wolf, 1997; Nicken, 1985).

신체적 인자로는 신경학적 요인, 심혈관계, 소화관계, 비노기계, 근골격계, 대사성, 외상성 등의 여러인자들이 있다(Guralnik et al., 1995; Olsson & Atkins, 1987; Smith & Sethi, 1975).

신경학적 요인으로 뇌, 시각이상, 평형이상, 경추병증, 말초신경병증, 사지경직이나 허약 등이 있다(Kosnik et al., 1988; Izraelvitz et al., 1985; Wyke, 1979; Hasselkus, 1974).

뇌의 이상에서는 치매, 우울증, 기면증, 뇌혈관 부전증, 파킨슨병, 간질 등으로 구분할 수 있다(의학교육연수원 편, 1997). 치매(Di Fabio & Seay, 1997)는 정상적인 의식 하에서 지능, 기억력 및 인격의 감퇴를 포함한 전반적 또는 다발적인 인지기능의 장애가 후천적으로 나타나는 것인데 언어력, 기억력, 시공간 기능, 정서, 인격 중 세가지

이상의 영역에서 장애가 나타나는 것이다. 시공간력 결함은 익숙한 거리에서 길을 잃고 심하게는 집안에서 방이나 화장실 등을 찾아가지 못하는 증상으로 발전되며 감각 및 운동기관이 온전한데도 불구하고 어떤 목적 있는 행동을 실행하지 못하며 초기에 운동화 끈을 매지 못하고 치매가 진행됨에 따라 식사를 하거나 옷을 입는 단순한 일에서도 장애를 초래한다.

노인의 우울증(Tinetti et al., 1988)은 정신질환중 가장 흔한 질환으로, 노화로 인한 신체적, 사회적 상실 및 정년 퇴직이나 배우자의 사망등의 심리적 스트레스가 중요한 요인이 될 수 있으며 여러 가지 신체적 질환에서도 우울 증상을 보인다. 우울증의 증상으로 자신에 대한 실망, 죄책감, 무가치함과 절망감, 정신운동 지체나 초조, 운동부족 현상이 일어나고 수면장애와 식욕장애가 생기며 기억력과 집중력 등의 인지장애가 나타난다. 노인기 우울증에는 정신병적 증상이 흔히 보이는데 자살에 대한 충동이 심하고, 어떤 연령층에서 보다 노인층에서 높은 자살률을 보인다.

뇌혈관 부전증으로 뇌혈류량이 감소되어 뇌허혈로 인한 현기증이나 실신이 잘 발생한다. 현기증이나 실신은 노인에서 흔히 나타나며 끝절이나 신체장애를 자주 일으킨다(의학교육연수원 편, 1997).

파킨슨병은 원인은 명확히 밝혀지지는 않았지만 노화에 따른 뇌의 흑질 세포의 감소, 사립체 기능의 장애, 산화성 스트레스(oxidative stress), 흥분성 아미노산(excitatory amino acid) 등 여러 요인이 작용하는 것으로 알려져 있으며 대뇌의 운동을 담당하는 피질에 영향을 주어 진전, 보행장애, 움직임이 느려지고 몸의 균형을 제대로 유지하지 못하는 것을 주 증상으로 한다(Busse, 1986).

노인에서 시각이상은 눈의 기능이 떨어지고 시각체계의 기능이 전반적으로 약해지게 된다. 가장 빨리 자각되는 노화현상은 조절력의 감퇴로서, 근거리 시력이 저하되고 수정체의 경화로 투과율의 저하로 망막에서 시각중추까지 노화에 의한 기능저하에 의해 시력저하가 일어나며 안질환도 연령과 함께 증가한다(Stones & Kozma, 1987; Dorman et al., 1978). 시각적 정보는 몸의 균형을 유지하는데 중요하다.

평형이상으로 현훈증은 자신이나 주위 물체들이 빙글빙글 도는 것처럼 느끼는 증상으로 주로 전정계(vestibular system)의 이상으로 발생하며 하지근육의 약화에 의해서도 평형기능 장애가 발생하기도 한다(Enloe

& Shields, 1997; Olsson & Atkins, 1987; Hasselkus, 1974).

말초신경이란 뇌간 및 척수의 연막 외부에 존재하는 신경구조물을 지칭하며, 말초신경병증이란 이 구조물에 기능적 또는 구조적 병리현상을 초래하여 발생하는 모든 상황을 의미하는데 노인들은 당뇨, 암을 포함한 만성질환이나 체형의 변형으로 인한 말초신경의 압박으로 인해서 말초신경병증의 빈도가 젊은층에 비해서 현저히 높다 (Smith & Sethi, 1975). 말초신경병증은 운동, 감각 및 자율신경계의 증상을 호소한다. 운동신경의 이상에 의해서 근력약화 및 근위축으로 인한 증상이 발생하며 만성기에는 골격의 변위와 영양성 변화를 동반하며 자율신경장애로 기립성 저혈압이나 발한장애의 증상이 나타난다 (Richardson et al., 1996).

노화에 따른 하지 근육의 약화, 유연성 감소로 균형감각에 영향을 초래한다(Erasmus Fleming & Pendergast, 1993; Iverson et al., 1990).

심혈관계 요인에서 부정맥, 체위성 저혈압, 심근경색, 대동맥 협착증 등이 있다. 노화에 따라 심혈관 기능이 감소하지만 건강한 노인에서의 심혈관 기능은 생존에 충분한 정도로 유지된다(Erasmus Fleming & Pendergast, 1993; Smith & Sethi, 1975).

부정맥은 연령에 따라 증가하며 간헐적인 부정맥은 고령에서 더욱 많이 관찰되며 이러한 부정맥은 심실상성 또는 심실성 기외 수축의 경우가 대부분이며 기왕의 심부전이나 협심증을 악화시킬 수 있으며, 뇌혈류의 감소를 일으켜 실신이나 어지러움증 등이 일어날 수 있다(의학교육연수원 편, 1997).

체위성 저혈압은 혈관운동반사에 장애가 있는 사람에서 발생하며 입위에서 하지혈관이 적절히 수축하지 못하여 저혈압이 발생하고 현기증이나 실신이 일어난다 (Rubenstein et al., 1990).

심근경색은 연령에 따라 증가하며 65세 이상의 고령층에서 많은 사망률의 원인이 된다.

노화에 따라 병리학적으로 대동맥이 딱딱해지고 탄력성을 잃는다. 반수 이상의 노인에서 고혈압이 있고 대동맥 판막의 퇴행성 변형에 의한 콜라겐 성분의 변형이 일어나고, 이차적으로 칼슘의 침착으로 인하여 대동맥판 협착증 또한 대동맥판 폐쇄부전증 등의 문제를 야기시킨다(의학교육연수원 편, 1997).

소화관계 요인(Smith & Sethi, 1975)에서는 위장관 출혈, 설사, 배변성 줄도 등이 있는데 노인에서 위장관 출혈

은 여러 가지 문제점을 갖고 있기 때문에 특별한 주의를 요하게 된다. 즉 노인에서는 모든 기관에 걸쳐서 오게 되는 동맥경화성 변화는 혈류를 감소시키고 각 장기의 기능을 저하시키게 되며, 이런 동맥경화성 변화가 위혈관계에 오게되면 위궤양 출혈이 쉽게 올 뿐만 아니라 잘 멈추지도 않게 되며, 다량의 출혈은 심폐기능의 저하로 말미암아 비가역적인 속 상태를 초래할 수 있으며 간 및 신장기능의 저하도 역시 이런 속 상태의 예후를 결정하는 중요한 요소가 될 수 있다. 노인에서 위산분비의 저하, 소화기 질환의 증가와 항생제 사용의 증가로 감염성 설사의 위험이 증가되어 주요한 사망원인이 되며, 설사는 심각한 탈수증상을 초래한다. 노화에 따른 혈압상승과 변비 등으로 인해서 배변을 볼때 갑작스런 혈압의 상승으로 인한 배변성 줄도 등도 심각한 손상을 초래한다.

비노기계 요인(Nickens, 1985)에서 전립선 비대증은 50대 후반부터 시작되는데 요도주위 전립선세포의 과증식에 의하여 전립선부 요도가 폐쇄되고 이에 따른 배뇨장애가 발생한다. 연령이 증가함에 따라 혈중 남성호르몬은 감소하고 여성호르몬은 증가하며, 전립선내 5 α -reductase와 남성호르몬 수용체가 증가하며 이차적으로 전립선 간질세포에서 여러 성장인자의 분비를 촉진시켜 전립선비대를 유발한다.

근골격계 요인은 퇴행성 관절염과 골다공증이 있는데 퇴행성 관절염은 중년 및 노년기에 흔히 발견되는 만성 관절염으로 특히 체중부하 관절에 잘 발생하며, 관절연골의 퇴행성 변화와 관절연골의 과성장을 특징으로 한다. 질병 진행과정이 주로 퇴행성 변화이며 관절내 염증 변화가 미약하므로 퇴행성 관절 질환이라고 하는 것이 타당하다고 보는 견해도 있으며 골관절염 또는 골관절증으로 불리기도 하며 관절 동통과 관절운동 제한으로 고통받고 있고 여성에서 더 많이 발생하며, 골다공증은 골량이 감소되어 있는 상태로 골조직의 미세구조에 나쁜 변화를 초래하여 뼈가 약해져 작은 충격에도 쉽게 골절되는 결과를 초래하며 가벼운 외상에도 뼈에 강한 충격을 주어서 골절이 발생하게 되며 여성에서 남성보다 높은 빈도를 보인다(O'Brien et al., 1997; Wyke, 1979).

대사성 요인(Nickens, 1985)으로 갑상선 질환, 부신피질 질환, 저혈당증, 만성빈혈 등을 들 수 있다.

갑상선 질환은 갑상선기능항진증은 자가면역기전에 의한 그레이스병에 의한 경우가 가장 흔하며 근육쇠약, 체중감소, 미인, 심방세동, 심부전 또는 협심증, 우울증, 불안감, 진전 등의 신경근육계 또는 심혈관계의 단일 증

상을 호소하며 갑상선기능저하증은 모든 기관의 대사지연으로 인한 점액물질의 축적으로 가역적인 점액수종의 임상상을 나타내며 노인에서의 가장 흔한 원인은 자가면역성 갑상선염이며 쉽게 피로와 한기를 느끼며 모발과 눈썹이 거칠고 잘 부스러지며 피부가 거칠어지고, 언 목소리가 나거나 근력이 저하되고, 변비가 생기거나 언어와 모든 행동이 느려지는 등의 정상적인 노년성 변화와 유사하다.

부신피질 질환은 우리나라에서 이차성 부신피질저하증은 일차성 부신피질기능저하증에 비하여 약 3배 이상 그 빈도가 높는데 전신 쇠약감, 피로감, 식욕부진 및 체중감소, 피부와 점막의 파대한 색소침착, 저혈압, 발열, 의식장애 등을 초래한다.

저혈당증은 혈당조절 유지기구의 장애에 의해 발생하며 저혈당증은 전신의 포도당 이용의 60%를 소비하는 뇌의 기능장애를 일으키며 소화기계 악성종양, 갑염증, 만성신부전, 류마티스, 혈액질환 등에서 장기간에 걸쳐 빈혈이 진행되어 만성빈혈을 일으킨다(의학교육연수원편, 1997).

의인성 요인은 진정제, 이뇨제, 혈압강하제, 장기간의 침상안정 등으로 인해서 낙상의 인자를 가진다(Everitt & Avorn, 1986).

노인들의 낙상을 방지하기 위해서는 여러가지 위험인자에 대한 규명이 필요하며 적절한 치료를 하는 것이 필요하다.

III. 노인의 균형반응

인간은 지속적으로 움직이도록 창조된 유기체이므로 생활중에 움직일 수 있는 기회나 시간이 줄어들게 되면 그 유기체의 기능은 감소하게 된다.

노인들은 연령의 증가와 함께 많은 해부학적, 생리학적 변화로 지각상실, 근골격계 기능장애, 체위의 불안정 등을 초래하고 수많은 병리학적 조건이 균형문제와 연결되어 심각한 손상을 초래하게 된다.

몸체가 균형을 유지하는 과정은 복잡하다. 시각, 전정, 그리고 다른 체성감각의 자극이 공간에서 몸위치에 대한 정보와 몸의 중력중심에 대한 정보에 기여한다. 자극에 대한 협조된 반응은 적당하게 근육을 바로잡기 위해 보내지거나 또는 균형을 유지한다(Briggs et al., 1989).

Nashner는 균형을 신체를 평형상태로 유지시키는 능력이며 감각기관을 통해 인체의 움직임을 감지한 후 그

정보를 중추신경계로 보내어 통합한 다음 근골격계내에서 반응하도록 하는 복잡한 과정을 거쳐 유지되는 것이라 했다. 균형은 최소한의 흔들림으로 지지기저면 내에서 신체의 중력중심을 유지하는 능력이라고 했다(Nichols et al., 1995). 균형은 대개 똑바른 자세를 취하여 그 기저면위에 중력 중심을 유지하는 능력이며, 안정성과 가동성이 잘 조화를 이룬 역동적 현상이며, 공간에서 자세를 유지하거나 통제되고 협응된 방법으로 움직일 때 꼭 필요하다(배성수 등, 1997).

균형에 영향을 미치는 요소로는 연령(송주민 등, 1994; Bohannon et al., 1984), 시각입력(Dorman et al., 1978), 전정계(Di Fabio, 1995), 고유수용성 감각손실(Anacker et al., 1992), 슬관절 굴곡, 호흡, 온도변화, 저압 환경, 지팡이, 조명과 같은 요소들이 직접균형에 영향을 준다. 근긴장도, 청력, 그리고 주의집중, 두려움과 같은 생리학적 요인 및 신발, 바닥, 옷같은 환경적인 요인들도 균형조절에 영향을 주며, 성별, 키, 몸무게, 발길이 등도 영향을 미칠 것이라 생각된다.

평균수명의 연장으로 노인층의 증가로 고령층에서 균형력의 저하로 인한 낙상사고의 빈도가 높아지고 있는데 이는 노화에 따른 시력, 진동감각, 고유수용성감각 및 하지근력의 상대적 저하와 반응시간 지연등이 원인이라 생각되어진다(Iverson et al., 1990).

Berg 등(1992)은 정상노인에서도 생리적으로 균형유지의 능력이 저하될 수 있음을 입증하였고 노인층의 균형력 저하는 시력저하, 시지각력 장애 등과 함께 낙상의 원인이 되어 사회적 문제로 대두되고 있다.

균형은 다양한 기계적, 인지적, 생리적, 감각운동 요인에 영향을 받으며 균형은 신체가 안정성을 유지하도록 하는 특별한 신경생리학적 과정으로 균형에 영향을 주는 요인은 크게 근골격계 요인과 신경생리학적 요인으로 나눌 수 있다.

근골격계 요인은 자세정렬이나 근골격계의 유연성이 균형에 영향을 주며 신경학적 요인은 감각처리과정, 중추신경계의 통합 및 운동프로그램을 만들어 신체가 움직일 수 있도록 하는 것과 근력과 지구력 등에 의하여 균형 조절에 영향을 주는 것을 말하며 감각처리과정이란 시각, 전정, 고유수용기의 조절을 의미한다(Schenman, 1989).

정상적인 균형반응이 일어나기 위해서는 신체의 생역학적인 측면인 근골격계의 지지작용(biomechanical support)과 협응운동을 포함한 운동기능(motor

coordination), 감각기능의 통합적 작용(sensory intergration)의 3가지 기능적 요소가 필요하다(Horak, 1987). 감각기능이란 시각(visual), 전정감각(vestibular function), 고유수용성 감각의 3가지 감각의 조화를 필요로 한다(Cohen, 1993).

사람의 행동은 노인이 되면서 여러 가지 변화를 보이는데 걸음걸이가 느려지고 자세가 구부정하게 되며 쉽게 몸의 균형을 잃고 쓰러지고, 정신적 활동이 저하되고 기억력이 감퇴되며 공간지각 능력이 저하되는 등 노화에 따른 여러 가지 변화로 인해 균형감각이 떨어져 여러 가지 문제를 초래하는 것 같다.

노화에 따라 감각기능에서 시각은 40세가 되면 눈의 조절기능이 저하되기 시작해서 70세가 되면 대부분의 사람이 가까운 곳을 보기 위해 돋보기를 사용해야 한다고 했다(의학교육연수원 편, 1997). 시각은 공간인지의 수단으로 균형을 조절하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 주위환경으로부터 위험 또는 거리를 인식하고 운동이 일어나는 면과 형태 등의 환경을 묘사하고, 운동이 일어나는 한시점에서 신체의 각 부위의 위치나 요구된 운동의 강도나 난이도 등을 조절할 수 있는 정보를 제공한다(Taylor, 1990). 시각은 연령증가와 함께 밀접한 관계를 갖는다는 것이 관찰되었는데 눈을 뜬 상태에서 50대 이후, 눈을 감은 상태에서 30대 이후에서 균형수행력이 급격하게 감소되었으며 Bohannon 등(1984)과 송주민 등(1994)은 연령이 증가할수록 균형수행력의 감소에 시각이 크게 영향을 미친다고 했으며 Stone과 Kozma(1987)는 시력의 정도와 선천성 또는 후천성 시력장애가 균형수행력에 미치는 영향에 대해 시력이 있는 연구대상자가 전혀 시력이 없는 연구대상자보다 균형유지 시간이 길었으며, 선천성 시력장애자와 후천성 시력장애자 사이에는 큰 차이가 없었다고 보고하였고 Cohen 등(1993)이 눈을 감은 경우와 뜬 경우 균형수행력에 차이가 있다고 하였다.

Schulmann, Godfrey & Fisher(1987)는 균형수행력이 불완전한 환자를 치료하기 위해 눈이 어떤 목표물을 따라 움직이는 것보다 특정사물에 고정되어 있을 때 그리고 아주 순간적인(saccade) 운동을 하고 있을 때 더 균형을 잘 잡을 수 있으므로 이를 치료에 적용하는 것이 중요하다고 했다.

시각은 고유수용기 정보를 증진시키거나 대체할 수도 있어 고유수용기에 장애가 있을 경우 균형유지에 큰 영향을 미치지 않지만 노인층에서는 신경계의 노화로 인해

이들 감각의 통합이 어려워져 불안정한 지지면에서 균형수행이 어렵다고 한다. 시각이 공간인지로서의 중요한 역할을 하므로 노화로 인한 시력약화는 노인에서 균형수행력과 밀접한 관계가 있는 것 같다.

Shumway-Cook과 Horac(1986)는 청각이 균형수행력에 영향을 준다는 결과를 지지하였는데 노화에 따라 코르티기관의 변화 또는 제 8뇌신경의 신경세포의 소실, 고음의 지각상실로 인한 노인성 난청과 점진적인 청력의 감소와 식별력의 감소를 초래한다고 했으며 노인성 난청은 여성보다는 남성에서 더 많이 나타난다. 난청은 40세 후반에 나타나기 시작해서 65세까지 1/4정도가 임상적으로 유의한 청력손실을 보인다.

청각장애로 인한 균형수행력의 장애를 가진 사람은 시각이나 고유수용기로 대상하려고 하며(Potter & Silverman, 1984) 청각은 안내, 경고, 특정 물체의 접근소리 등을 들을 수 있게 함으로 신체 균형유지에 도움이 되며(배성수 등, 1993) 청각의 소실은 안내, 경고 등의 정보를 갖지 못함으로써 갑작스런 상황에 접하게 될 때 위험하나 청각은 시각만큼 균형유지에 중요하지는 않다(송주민 등, 1994).

균형은 감각정보에 의해 영향을 받으며 이러한 감각정보가 방해 받았을 때 균형에 장애를 받으며 고유수용성 감각소실이 균형에 영향을 미친다. Hasselkus와 Shambes(1975)는 정상성인에서 연령이 증가함에 따라 감각운동계의 기능이 감소함에 따라 기립이나 보행시 균형이 감소된다고 했다.

노화에 따른 전정자극과 운동자극에 따른 반응이 감소하는데 이 두 감각은 평형, 조정, 체위를 유지하는데 도움을 주기 때문에 이 두 감각이 감소되면 일반적으로 불안정하고 동작조정이 안되고 신체가 더 많이 흔들리게 된다.

75세가 넘은 노인의 절반은 하지의 진동감각에 대한 감각이 없어지고 15-30%는 위치감각에 이상감각을 호소하며 촉각, 통각자극 또는 두점식별 능력이 저하된다고 하였다.

1851년 Romberg가 중추신경계 손상으로 인한 고유수용기 손상 환자를 대상으로 눈을 감고 발생하는 자세동요(postural sway) 증가에 대한 연구를 하였고(Dornan et al., 1978), 지지면을 다르게 하여 전정기관의 장애 및 체성감각제한(Di Fabio, 1995)에 대하여 연구를 하였다.

평형반응은 자세의 변화와 불균형을 회복하기 위한 고도의 통합된 반응으로 6-7개월경에 처음 나타나서 소아

에서 증가하고 사춘기 이후부터 완만하게 감소하여 성인에 이르기까지 지속되는 반응이다(Izraelvitz et al., 1985).

평행기능의 장애는 노인에서 낙상의 흔한 원인이 되는데 특히 평행감각의 상실은 노화에 따른 근육의 약화로 인해서 생기며 보통 신경학적 손상 및 마비 등의 문제점들이 수반된다. 정상적인 자세유지와 보행시 평행유지를 위해 미로기능(labyrinthine function), 시각기능 및 고유감각기능이 정상적이어야 하는데 미로기능의 장애가 있는 환자는 균일하지 않은 보폭으로 불안정하게 걸으며 측면으로 치우치는 경향을 보인다. 맹인이나 시각장애가 있는 환자는 조심스럽지만 비교적 안정되게 걸으며, 척수의 후주병변이나 소뇌병변 또는 양자 모두의 병변으로 인한 고유감각기능의 소실로 보행 및 자세유지에 현저한 불안정을 보이며, 특히 눈을 감고 있을 때, 서 있을 때 더욱 현저한 불안정을 보이며 고유감각기능 장애가 있는 환자는 시각보상으로 교정하지 못할 경우 보행시 현저한 실조성 보행을 한다. 그러나 평행기능장애 환자중 확실한 신경학적 또는 감각기능의 병변을 보이는 경우는 흔치 않으며 이러한 평행유지의 세가지 기전의 장애이외에 다른 원인들에 의해서도 평행기능의 소실과 낙상이 일어날 수 있다(의학교육연수원 편, 1997).

노화에 따라 노인에서 근조직이나 골양의 감소, 활동력의 저하로 가동성이 저하되고 근골격계의 이상은 균형수행력을 저하시킨다. 특히 하지근력의 소실은 보행을 불안정하게 하여 더욱 낙상의 위험을 증가시키는 것 같다.

신체가 균형을 유지하기 위해서는 신체의 지지면내에 체중의 중심선(center of gravity)이 연속성을 가지고 유지되어야 하는데 이를 위해 균형감각의 정상적인 입력과 고위중추에서의 적절한 통합조절이 필요할 뿐만 아니라 신체의 위치를 운동반응으로 조절하기 위하여 체간부나 하지, 발의 근육들의 협동적인 수축이 필요하다(Izraelvitz et al., 1985)고 하였다.

노인에서 근위축과 약화는 자세근육 특별히 등신전근과 하지근육 근위부에서 나타나며 나이가 증가함에 따라 등속성, 등척성 힘 감소를 나타내었고, 근력의 감소는 1차적으로 근육의 노화에 기여하거나 또는 2차적 변화는 신경, 혈관, 내분비계의 노화에 의해 근육에서 야기되며 이러한 효과는 가동성 감소와 운동의 감소에 의해 조성된다고 했고 근육약화와 균형유지사이의 관계를 연구하여(Iverson et al., 1990) 힘생산이 증가함에 따라 균형수행력이 향상된다고 하였다. 특히 hip 굴곡근과 신전근,

외전근의 힘은 외다리기립검사에서 균형수행력 예시에 도움을 준다. 경추부분의 근골격계의 비정상은 공간에서 머리위치의 인식에 도움을 준다(Wyke, 1979).

협용된 안정성은 발의 배측굴곡, hip 신전, 그리고 hip 굴곡힘의 항상반응과 관계가 있다(Lord et al., 1996). 저축굴곡과 배측굴곡근의 운동조절은 앞, 뒤로의 자세 흔들림을 통합하고 내외측의 흔들림은 고관절 외전근과 내전근에 의해 조절된다. 노인에게서 자세유지 및 신체의 균형을 유지하기 위한 근력은 중요한 신체보호 역할을 한다.

O'Brien 등(1997)은 노인여성에서 균형과 골격정렬(alignment)사이에 약한 상관관계가 존재한다는 것을 지지하였는데 척추정렬은 낙상자와 비낙상자사이에 유의성이 없었으나 무릎관절각도는 낙상자는 비낙상자와 비교해서 큰 유의성이 있었다.

말초신경염을 가진자는 신경조절의 부조화로 인해 근위축이나 약화가 발생하는데 정상인보다 낙상의 위험을 가지며 이러한 낙상은 균형의 소실로 일어나며 걷기, 계단 내려가기, 회전하기 등의 이동활동 동안에 잘 일어난다(Richardson et al., 1996)고 하였다.

이처럼 노인의 균형은 노화로 인한 여러가지 생리학적 변화로 인해 균형수행력이 떨어지고 이로인해 낙상의 위험성이 증가되므로 이로인한 의료비용 감소와 생활의 질적인 향상을 위해서도 적절한 조치가 필요하다.

IV. 노인의 균형향상

1. 균형평가

균형수행력 검사는 신경계 환자 및 다양한 환자의 불안정성과 낙상을 평가하는 도구인 동시에 균형수행력 증진을 위한 치료의 한부분으로 이용되고 있다.

이상적인 균형검사방법이란 감각계와 운동반응을 종합적으로 평가할 수 있어야 하고, 정량적이고 객관적인 평가가 가능해야 하며 임상에서 적용가능한 실제적인 방법이어야 한다.

전정계 재활의 효과를 측정하기 위한 지표로 외다리 기립검사(One Leg Stance Test)를 수행하였고(송주민 등, 1994 : Cohen et al., 1993), CTSIB(Clinical Test of Sensory Interaction and Balance)의 6가지 감각상태하에서의 변화를 측정하였고(Cohen et al., 1993 : Shumway-Cook & Horak, 1986), 롬버거 검사(Romberg Test), 변형

된 틈버거 검사(Tandem Romberg Test), Fugl-Meyer Sensorimotor Assessment(FMSA)의 하위항목중 균형항목의 점수(Di Fabio et al., 1990), 노인의 기능적 기립균형을 측정하기 위해 정적자세 유지하고 지지 기저면을 감소시키거나 신체의 무게중심을 변화시키도록 14가지 작업으로 구성된 "버거균형척도" 검사(Berg Balance Scale Test), "밀기" 검사(Push Test), "시간이 되었으니 시작하시오" 검사(Timed Up and Go Test)가 있다. 이러한 방법은 임상에서 널리 사용되고 값이 싸며 유용하기는 하나 객관성이 부족하거나 정량적인 평가가 어렵다.

기구를 사용한 균형수행력 측정방법으로는 힘판을 사용해서 족저부의 지면반발력(ground reaction force)과 압력중심 및 그 변화를 측정하거나 압력중심을 연속적으로 기록하는 posturography를 이용하는 방법(김연희 등, 1995; 차은중 등, 1995), 불안정한 발판을 이용하는 방법(이한숙 등 1997), Balance Master(Liston et al., 1996)를 이용한 방법 등이 있는데 기구를 이용하는 방법은 가격이 고가이며 정확하기는 하나 임상에서 손쉽게 사용할 수는 없다.

2. 균형향상

균형훈련은 낙상을 예방하고 신체의 안정도를 유지하기 위하여 필요하다.

고전적인 균형장애의 물리치료는 치료사가 언어구형 및 신체자극을 주면서 기립위 균형과 체중이동을 반복적으로 훈련시켰다. 이러한 방법은 인지 및 지각기능 장애자에게는 효과적인 피드백을 주지 못했다.

Lichtenstein 등(1989)과 Lord 등(1994)은 균형, 유연성 및 반응시간(reaction time)의 증진을 위해 고안된 운동프로그램이 노인들의 균형수행력 증진과 지각운동체계의 수를 향상시키며 노인의 안정성에 기여한다고 했으며, 노인들이 폭신한 양탄자나 풀밭, 진흙, 모래위를 걷도록 하고(Wolf-Klein 등, 1988), 유산소운동(Roberts, 1989), 능동신장운동, 오랫동안 걷기, 자세조절, 반복된 근협운동 등을 기초로한 프로그램(Means 등, 1996)에서 균형과 가동성을 향상시키고 낙상을 감소하고 예방한다고 보고하였다.

Lichtenstein 등(1989)과 Fiatarone 등(1990)은 노인에서 높은 강도의 힘 훈련후에 균형이 향상되었음을 보고하였고, 근력훈련과 체중부하 훈련을 결합하여 평균 80세 이상의 지역사회에 거주하는 노인의 여러가지 균형 측정에서 유리한 영향을 가졌으며(Wolfson, 1996),

Chandler 등(1998)은 등척성 훈련이 가동성과 보행속도를 향상시키며, 장기간의 등척성 훈련 또는 높은 강도의 훈련 또는 다른 형태의 훈련이 균형 또는 지구력 훈련을 위해 필요하다고 했다. 균형이 하지의 근력약화와 관련이 있으므로 하지의 근력강화운동이 균형수행력을 향상시키는 것 같고, 보행에서 일렬로 걷거나 뒤로 걷기 등을 훈련시키면 전정각각을 자극시키고, 고유수용기를 자극하여 균형을 향상시키는 것 같다.

Judge 등(1993)은 보행속도의 향상은 12주 운동한 그룹에서 발견되었으며, Harada 등(1995)이 주거보호시설에 거주하는 독립적 생활을 하는 노인의 기능 수행력과 균형, 보행에서 물리치료의 가동성 훈련 프로그램을 개별화하여 효과를 결정하기 위해 sullivan model을 적용하여 물리치료후 재평가에서 대상자들은 기능수행력과 균형의 향상을 보고하였고, 보행속도의 향상은 보고하지 않았다.

Judge 등(1993)은 하지근력의 소실이 노인의 부상 위험을 증가시킨다고 하여 저항훈련, 보행, 자세훈련 등의 복합 훈련 프로그램을 6개월 실시하여 한발기립균형(single-stance balance)이 향상되었음을 보고하였으나, Judge 등(1994)은 균형과 저항력 사이에는 차이가 없다고 보고하였다. Brown와 Holliszy(1991)은 근력과 유연성 훈련 3개월 후에 60세 이상의 여성에서 정적균형(stance balance)의 향상을 보고하였으나, 보행능력에는 변화가 없었고, 남성에서는 보고되지 않았다. Fansler 등(1985)은 노인들에게 외다리 기립 검사를 5일동안 연습시켜 균형수행력 향상을 보고하였다. 하지근력훈련과 관련하여 하지근력강화가 외다리 기립검사 수행시 균형의 향상된 보고는 한발기립시 요구되는 하지근육강화와 관계가 있는 것 같다.

Topp 등(1993)과 Hamman 등(1992)은 동적인 균형훈련을 시켜서 보행속도와 균형의 향상을 보고하였고, 정적흔들림 측정에는 효과가 없다고 했으며, Crilly 등(1989)은 균형재훈련을 12주 행하였으나 자세동요의 안정성 향상을 발견하지 못했다. Shumway-Cook 등(1997)은 다면적인 운동프로그램을, Wolf 등(1997)은 자세 안정성을 위한 힘판의 균형훈련과 태극권 훈련을 시켜 낙상의 위험감소와 균형향상에 대해 알아보았는데 힘판의 균형훈련이 태극권 훈련보다 우수하다고 보고하였다.

앞에서 살펴 보았듯이 낙상방지를 위한 운동은 여러가지 복합된 운동을 행하는 것이 균형을 향상시키고 낙상을 예방하는데 더욱 효과적인 것 같다.

V. 요약

낙상은 노인에서 중요한 건강문제와 직결된다. 노인의 활동력 저하와 노화로 인한 생리학적 변화는 균형과 기능적 가동성 감소를 초래하고 낙상의 주요 요인이 된다.

노년기의 신체활동은 근육유지만 아니라 균형감각 같은 신경계의 기능유지를 위해서도 필요하다. 노화 되어감에 따라 활동이 줄어들고 대근의 활동보다는 소근의 활동을 중심으로 소일하는 경우가 대부분이다. 따라서 신체의 운동범위가 좁아짐에 따라 활동할 때 신체균형각이 둔화되어 낙상을 일으키게 되고 심각한 사회적 문제를 초래하게 된다. 그러므로 노인의 낙상방지과 생활의 질적향상을 위해 적당한 강도의 운동과 균형수행력을 향상시키는 훈련이 필요하다.

참고 문헌

- 권혜정, 이경희 : 노인에 대한 특성과 노인물리치료관련 요인에 대한 연구, 대한물리치료학회지, Vol. 2, No. 4, 1995
- 김선엽, 이승주 : 노화(Aging)에 따른 생리학적 변화, 대한물리치료학회지, Vol. 5, No. 1, 1993
- 김연희, 김남균, 차은중, 김형일, 신용일, 이경무 : 힙판을 이용한 자세균형제어력의 정량적 평가와 임상균형 지수와의 비교연구, 대한재활의학회지, Vol. 19, No. 4, 1995
- 보건복지부 : 보건사회통계연보, 보건복지부, pp 31, 1996
- 배성수 등 : 운동치료총론(역) 제 3판, 영문출판사, pp 22, 1997
- 배성수, 김한수, 이현옥, 박지환, 홍완성 : 인체의 운동, 현문사, pp 182-190, 1992
- 배성수, 박래준 : 노인환자의 재활, 대한물리치료학회지, Vol. 2, No. 1, 1990
- 송주민, 박래준, 김진상 : 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향, 대한물리치료학회지, Vol. 6, No. 1, 1994
- 이인학, 김미란, 민정은 : 동산이 60대 노인의 체력향상에 미치는 효과, 대한물리치료학회지, Vol. 10, No. 1, 1998
- 의학교육연수원 편 : 노인의학, 서울대학교출판부, 1997
- 이한숙, 권혁철 : 불안정한 바닥위에서 발목각도가 기립 균형에 미치는 영향, 한국전문물리치료학회지, Vol. 4, No. 3, 1997
- 차은중, 송준희, 이태수, 이경무, 김남균, 김연희 : 임상응용을 위한 평형판(balance plate) 시스템의 개발, 대한재활의학회지, Vol. 19, No. 4, 1995
- Anacker, S.L., Di Fabio, R.P. : Influence of sensory inputs on standing balance in community-dwelling elders with a recent history of falling, Phys Ther, 72 : 575-584, 1992
- Berg, K.O., Maki, B.E., Williams, J.I., et al. : Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population, Arch Phys Med Rehabil, 73 : 1073-1080, 1992
- Bogle Thorbahn, L.D., Newton, R.A. : Use of the Berg balance test to predict falls in elderly persons, Phys Ther, 76 : 576-585, 1996
- Bohannon, R.W., Larkin, P.A., Cook, A.C., et al. : Decrease in timed balance test score with aging, Phys Ther, 64 : 1067-1070, 1984
- Briggs, R.C., Gossman, M.R., Birch, R., et al. : Balance performance among noninstitutionalized elderly women, Phys Ther, 69 : 748-756, 1989
- Brown, M., Holloszy, J.O. : Effects of a low-intensity exercise program on selected physical performance characteristics of 60 to 70 year olds, Aging, 3 : 129-139, 1991
- Busse, E.W. : The brain and aging, Clin Obstet Gynecol, 29 : 374-383, 1986
- Chandler, J.M., Duncan, P.W., Kochersberger, G., et al. : Is low extremity strength gain associated with frail, community-dwelling elders?, Arch Phys Med Rehabil, 79 : 24-30, 1998
- Cohen, H., Blatchly, C. A., Gombash, L.L., et al : A study of the clinical test of sensory interaction and balance, Phy Ther, 73(6) : 346-351, 1993
- Connell, B.R., Wolf, S.L. : Environmental and behavioral circumstances associated with falls at home among healthy elderly individuals, Arch Phys Med Rehabil, 78 : 179-186, 1997
- Crilly, R.G., Willems, D.A., Trenhold, K.J., et al. : Effect of exercise on postural swing in the elderly, Gerontology, 35 : 137-143, 1989
- Di Fabio, R.P. : Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction, Phys Ther, 75 : 290-305, 1995

- Di Fabio, R.P., Badke, M.B. : Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia, *Phys Ther*, 70, 542-548, 1990
- Di Fabio, R.P., Seay, R. : Use of the "Fast Evaluation of Mobility, Balance, and Fear" in elderly community dwellers : validity and reliability, *Phys Ther*, 77 : 904-917, 1997
- Dorman, J., Fernie, G.R., Holliday, P.J. : Visual input : it's importance in the control of postural sway, *Arch Phys Med Rehabil*, 59 : 586-591, 1978
- Fansler, C.L., Poff, C.L., Shepard, K.F. : Effects of mental practice on balance in elderly women, *Phys Ther*, 65 : 1332-1338, 1985
- Enloe, L.J., Shields, R.K. : Evaluation of health-related quality of life in individuals with vestibular disease using disease specific and general outcome measures, *Phys Ther*, 77 : 890-903, 1997
- Erasmus Fleming, B., Pendergast, D.R. : Physical condition, activity pattern, and environment as factors in falls by adult care facility residents, *Arch Phys Med Rehabil*, 74 : 627-630, 1993
- Everitt, D.E., Avorn, J. : Drug prescribing for the elderly, *Arch Intern Med*, 146 : 2393-2396, 1986
- Fiatarone, M.A., Marks, E.C., Ryan, N.D., et al. : High-intensity strength training in nonagenarians : effects on skeletal muscle, *JAMA*, 263 : 3029-3034, 1990
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Simonsick, E., et al. : Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability, *N Engl J Med*, 332 : 556-561, 1995
- Haga, H., Shibata, H., Shichita, K., et al. : Falls in the institutionalized elderly in Japan, *Arch Gerontol Geriatr*, 5 : 1-9, 1986
- Hamman, R.G., Mekjavic, I., Mallinson, A.I., et al. : Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback, *Arch Phys Med Rehabil*, 73 : 738-744, 1992
- Harada, N., Chiu, V., Damron-Rodriguez, J.A., et al. : Screening for balance and mobility impairment in elderly individuals living in residential care facilities, *Phys Ther*, 75 : 462-469, 1995
- Harada, N., Chiu, V., Fowler, E., et al. : Physical therapy to improve functioning of older people in residential care facilities, *Phys Ther*, 75 : 830-839, 1995
- Hasselkus, B.R. : Aging and the human nervous system, *Am J Occup Ther*, 28 : 16-21, 1974
- Hasselkus, B.R., Shambes GM : Aging and postural sway in women, *J Geront*, 30 : 661-667, 1975
- Horak, F.B. : Clinical measurement of postural control in adults, *Phys Ther*, 67 : 1881-1885, 1987
- Horn brook, M.C., Stevens, J., Uvingfield, D.J., et al. : Preventing falls among community-dwelling older persons : results from a randomized trial, *Gerontologist*, 34 : 16-23, 1994
- Iverson, B.D., Grossmann, M.R., Shaddeau, S.A., et al. : Balance performance, force production and activity level in noninstitutionalized men 60 to 90 years to age, *Phys Ther*, 70 : 348-355, 1990
- Izraelevitz, T.E., Fisher, A.G., Bundy, A.C. : Equilibrium reactions in preschoolers, *Occup Ther J Research*, 5 : 154-169, 1985
- Judge, J.O., Lindsey, C., Underwood, M., et al. : Balance improvements in older women : effects of exercise training, *Phys Ther*, 73 : 254-265, 1993
- Judge, J.O., Underwood, M., Grennosa, T. : Exercise to improve gait velocity in older persons, *Arch Phys Med Rehabil*, 74 : 400-406, 1993
- Judge, J.O., Whipple, R.H., Wolfson, L.I. : Effects of resistance and balance exercises on isokinetic strength in older persons, *J Am Geriatr Soc*, 42 : 937-946, 1994
- Kanten, D.N., Mulrow, C.D., Gerety, M.B., et al. : Falls : an examination of three reporting methods in nursing homes, *J Am Geriatr Soc*, 41 : 662-666, 1993
- Kennedy, T.E., Coppard, L.C. : The prevention of falls in later life, *Danish Medical Bulletin*, 34 : 1-24, 1987
- Kosnik, W., Winslow, L., Kline, D., et al. : Visual changes in daily life throughout adulthood, *J Gerontol Psych Sci*, 43 : 63-70, 1988
- Lichtenstein, M.J., Shields, S.L., Shiavi, R.G., et al. : Exercise and balance in aged women : a pilot controlled clinical trial, *Arch Phys Med Rehabil*, 70 : 138-143, 1989
- Liston, R.A.L., Brouwer, B.J. : Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the balance master, *Arch Phys Med Rehabil*, 77 : 425-430, 1996
- Lord, S.R., Castell, S. : Physical activity program for older persons : Effect on balance, strength, neuromuscular control, and reaction time, *Arch Phys*

- Med Rehabil, 75 : 640-652, 1994
- Lord, S.R., Ward, J.A., Williams, P. : Exercise effect on dynamic stability in older women : a randomized controlled study, Arch Phys Med Rehabil, 77 : 232-236, 1996
- Nashner, L.M. : Sensory, Neuromuscular and Biomechanical contributions to human balance : Proceeding of the APTA Forum, Balance, Nashville, Tennessee, 1989 : 5-7
- Nichols, D.S., Glenn, T.M., and Hutchinson, K.J. : Changes in the mean center of balance of balance during balance testing in young adults, Phys Ther, 75 : 699-706, 1995
- Nickens, H. : Intrinsic factors in falling among the elderly, Arch Intern Med, 145 : 1089-1093, 1985
- Means, K.M., Rodell, D.E., O'Sullivan, P.S., et al. : Rehabilitation of elderly fallers : pilot study of a low to moderate intensity exercise program, Arch Phys Med Rehabil, 77 : 1030-1036, 1996
- O'Brien, K., Culbam, E., Pickles, B. : Balance and skeletal alignment in a group of elderly female fallers and nonfallers, J Gerontology, 52 : 221-226, 1997
- O'Loughlin, J.I., Robitaille, Y., Boivin, J.F., et al. : Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly, Am J Epidemiol, 137 : 342-354, 1993
- Olsson, J.E., Atkins, J.S. : Vestibular disorders, Neurologic Disorders in Otolaryngology, 20 : 83-111, 1987
- Potter, C.N., Silverman, L.N. : Characteristics of vestibular function and static balance skills in deaf children, Phys Ther, 64 : 1071-1075, 1984
- Richardson, J.K., Ashton-Miller, J.A., Lee, S.G., et al. : Moderate peripheral neuropathy impairs weight transfer and unipedal balance in the elderly, Arch Phys Med Rehabil, 77 : 1152-1156, 1996
- Roberts, B. : Effects of walking on balance among elders, Nurs Res, 38 : 180-183, 1989
- Rubenstein, L.Z., Robbins, A.S., Josephson, K.R., et al. : The value of assessing falls in elderly population, Ann Intern Med, 113 : 308-316, 1990
- Schenkman, M. : Interrelationship of neurological and mechanical factors in balance control : Proceeding of the APTA Forum, Nashville, Tennessee, 1989, PP 29-41
- Schulmann, D.L., Goldfrey, E., Fisher, A.G. : Effect of movements on dynamic equilibrium, Phys Ther, 67 : 1054-1057, 1987
- Shumway-Cook, A., Baldwin, M., Polissar, N.L., et al. : Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults, Phys Ther, 77 : 812-819, 1997
- Shumway-Cook, A., Gruber, W., Baldwin, M., et al. : The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults, Phys Ther, 77 : 46-57, 1997
- Shumway-Cook, A., Horak, F.B. : Assessing the Influence of sensory interaction on balance, Phys Ther, 66 : 1548-1550, 1986
- Smith, B., Sethi, P. : Aging and the nervous system, Geriatrics, 30 : 109-115, 1975
- Stone, M.J., Kozma, A. : Balance and age in the sighted and blind, Arch Phys, Med Rehabil, 68 : 85-89, 1987
- Taylor, L.P. : Taylor's Manual of Treatment, SLACK Incorporated, PP 368-370, 1990
- Tinetti, M.E., Speechley, M., Ginter, S. : Risk factors for falls among elderly persons living in the community, N Engl J Med, 319 : 1701-1707, 1988
- Topp, R., Mikesky, A., Wigglesworth, J., et al. : The effect of a 12-week dynamic resistance strength training program on gait velocity and balance of older adults, Gerontologist, 33 : 501-506, 1993
- Wolf-Klein, G.P., et al. : Prevention of falls in the elderly population, Arch Phys Med Rehabil, 69 : 689-691, 1988
- Wolf, S.L., Barnhart, H.X., Ellison, G.L., et al. : The effect of tai chi quan and computerized balance training on postural stability in older subjects, Phys Ther, 77 : 371-381, 1997
- Wolfson, L., Whipple, R., Derby, C., et al. : Balance and strength training in older adults : Intervention gains and tai chi maintenance, J Am Geriatr Soc, 44 : 498-506, 1996
- Wyke, B. : Cervical articular contributions to posture and gait : Their relation to senile diequilibrium, Age Ageing, 8 : 251-258, 1979