

## 자세와 균형 조절에 관한 연구

대구대학교 대학원 재활학과 물리치료전공

정 동 훈

대구대학교 재활과학대학 재활학과

권 혁 철

## A Study on Control of Posture and Balance

Jeong, Dong-Hoon, P.T.

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

Kwon, Hyuk-Cheol, Ph.D., R.P.T., O.T.R.

Department of Rehabilitation Technology, College of Rehabilitation Science, Taegu University

### < Abstract >

The very definitions of posture and balance have changed, as has our understanding of the underlying neural mechanisms. In rehabilitation science, there are at least two different conceptual theories to describe the neural control of posture and balance : the reflex/hierarchical theory and system theory.

A reflex/hierarchical theory suggests the posture and balance result from hierarchically organized reflex responses triggered by independent sensory systems.

The systems approach suggests that action emerges from an interaction of the individual with the task and environment. That is to say, the systems approach implies that the ability to control our body's position in space emerges from a complex interaction of musculoskeletal and neural systems, collectively referred to as the postural control system. The specific organization of postural systems is determined both by the functional task and the environment in which it is being performed.

The postural control system is divided into three basic functional components for assessment : 1) musculoskeletal components, 2) motor coordination components, and 3) sensory organization components.

It is proposed that a systemic functional understanding of human balance is critical to effective programs for balance rehabilitation.

Thus, this article briefly reviews the basic functional components to consider in designing treatment plan and for the benefit of the balance assessment.

## I. 서론

인간의 일상생활은 자세와 균형을 조절하는 많은 과제들이 연루된다. 인간은 출생에서부터 사망에 이르기 전까지 신체 내부환경과 외부환경, 그리고 어떠한 과제에 알맞는 최적의 자세조절 능력을 만들어내기 위해 끊임없는 시도를 하고 있다.

공간에서 신체 위치를 조절하는 것은 기능 독립성 재취득에 필수 부분이므로 자세와 균형 조절을 회복하는 것이 재활의 핵심이 된다.

자세와 균형은 단지 불안정성으로부터 다시 회복하는 능력 뿐만 아니라, 어떤 방식으로든 지 불안정성을 피하도록 예측하고 움직이는 능력까지도 포함된다 (Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

지난 수십년간 자세와 균형조절, 그리고 그와 관련된 장애에 관한 연구는 변화도 있었고, 영역도 넓어졌다. 자세와 균형의 정의는 신경 기전의 기초를 이해하는 방식에 따라 다양하게 변화되었고, 큰 틀로 나누어 두가지의 다른 개념적 이론들이 있는데, 첫째가 반사/수직계층적 이론이며, 둘째는 시스템이론이다 (Shumway-Cook, 1989; Horak과 Shumway-Cook, 1990; Woollacott와 Shumway-Cook, 1990). 반사/수직계층적 이론은 독립된

감각 체계로부터 활성화된 수직 계층적으로 조직된 반사 반응으로 자세와 균형이 생긴다는 것이다 (Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 즉, 운동 출력을 조절하는 중앙 프로그램이 존재하고 그 시스템은 하향식의 조직적 구조를 취하고 있어서 고위 중추에서는 조절된 행동의 상세한 부분까지 관여하면서 하위 중추를 억제하고 하위 중추는 좀 더 원시적이고 자동적인 행동을 담당한다는 것이다. 만약 상위 중추에서의 하위 중추에 대한 통제 능력이 상실되면 원시반사가 나타나고 정상적인 발달 과정이 차단된다. 그러므로 임상적으로 볼 때 고위 중추가 손상을 받으면 사지에서의 분리된 조절 능력이 부족하게 되어 비정상적으로 전형적인 움직임이 나타나고, 그 결과 자세와 균형을 운동 조절을 어렵게 한다는 것이다 (이충희와 권혁철, 1995).

초기의 균형 장애에 대한 치료 방법은 이러한 신경생리학적 관점에 근거를 두고서 비정상적인 반사를 억제시키고 정상적인 반응을 촉진시키는데 초점을 두었다 (Knott와 Voss, 1968; Bobath, 1978). 이러한 치료 방법의 장점이 없는 것은 아니지만 좀 더 최근의 선행 연구에서는 신경계 관점과 치료의 결과가 주는 범위가 너무나 한정적이라고 지적한다 (Van Sant, 1991; Morris와 Sharpe, 1993).

자세와 균형 조절 능력은 고위 레벨의 신경회로 뿐만 아니라 다른 시스템들, 즉 인지적 측면, 근골격계 등과 같

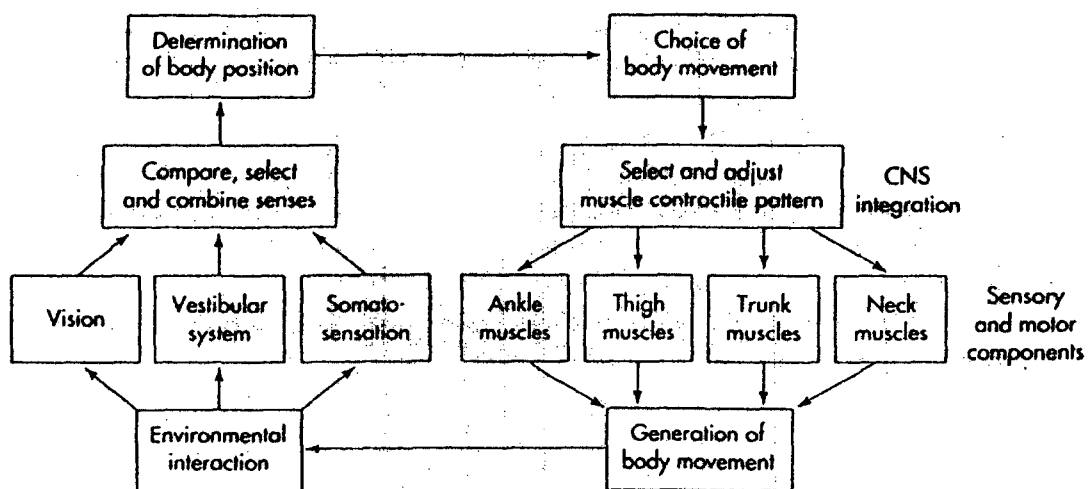


그림 1. 자세와 균형 조절을 위한 시스템 모델

은 요소에 의해서도 강한 영향을 받는다(Horak 등, 1989). 그래서 최근의 이론들은 운동조절 기능의 분포, 운동 수행자와 환경과의 상호관계, 그리고 많은 조직들의 상호관계에 중점을 두고 있고(이충희와 권혁철, 1995), 동적 균형에도 이러한 모든 요소들을 포함한 시스템적 접근을 시도하고 있으며(Schenkman과 Butler, 1989; Barnes 등, 1990), 최근의 균형에 대한 측정과 치료 방법도 시스템 모델에 근거하여 지속적으로 진해해 나가고 있는 실정이다(Horak, 1987; Schenkman과 Butler, 1989). 동적 균형을 위한 시스템 모델은 균형을 개인과 개인이 수행하는 과제, 수행되어지는 과제를 둘러싸는 환경간의 상호작용의 결과로서 인식하고 있다. 그래서 자세와 균형 조절에는 개인, 감각입력과 처리시스템, 그리고 운동 계획과 실행시스템 모두가 중요하고 회로내에는 시스템의 말초적 구성요소와 중추적 구성요소 또한 모두가 포함된다(그림 1). 이 회로는 환경에 의해 개인에게 부여되는 요구와 각 개인의 목적성 있는 선택에 의해 운영된다(Umphred, 1995).

감각 시스템의 성공적인 기능은 개체와 외부와의 관계에서 신체의 위치를 인지할 수 있게 해주며, 운동 시스템의 성공적인 결과는 선택된 과제를 수행하고 균형을 유지하기에 충분한 운동을 생성한다(Umphred, 1995). 이렇듯 시스템 이론은 공간에서 우리 신체 자세의 조절 능력이 근골격계와 신경계의 복잡한 상호작용을 통해 일어나며, 이것은 총괄하여 자세조절 체계로 언급된다고 하였다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

이에 본 연구에서는 자세와 균형 조절에 관여하는 다양한 요인들을 알아 보고, 인간이 다양한 과제와 환경적 요인에 따라 어떻게 자세 조절에 적응하고, 또한 균형에 문제가 있는 질환 상태에서는 어떠한 비정상적인 자세 조절이 선택되고, 또한 그에 적응함으로써 어떠한 문제를 유발시키는지 알아 보아 임상에서 균형 평가와 치료 디자인 수립에 도움을 주고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 근골격계 요소

자세와 균형 조절을 평가하는 첫 단계는 근골격계를 평가하는 것이다(Horak, 1987). 근골격계는 자세와 균형 조절 과제에 필요한 근육 활동을 표현하기 위한 생역학

적 기초를 구성한다. 근력, 관절가동범위, 그리고 유연성의 제한은 정상적인 자세 조정 실행을 어렵게 하고(Shumway-Cook과 Horak, 1990), 균형을 이룩하기 위한 운동 전략에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 족관절 주위 근력의 약화와 관절가동범위의 제한은 기립위에서 불균형을 수정하기 위해 고관절과 체간으로 더 큰 보상작용을 일으킨다(Horak, 1987). 그리고 파킨슨병 환자에서와 같이 척추 유연성의 소실은 몸지임의 능력을 크게 제한할 것이다(Schenkman, 1990).

뇌졸중후, 마비와 고정은 관절가동범위의 상실과 결과적으로는 구축을 초래할 수 있다. 특히, 비복근과 가자미근군의 구축에 따른 족관절의 가동범위 상실은 매우 중요하다(Shiverick, 1990). 관절 고정은 결합조직 유연성을 감소시키고 신장에 대한 조직 저항을 증가시킨다(Woo 등, 1975). 마비와 그에 따른 고정(immobilization)도 근자세의 영양물질에 영향을 주는 무용성 위축을 유발하여 근절(sarcomere)수의 감소, 결합조직의 상대적 증가, 그리고 단백질 합성을 감소시킬 수 있다(Duncan과 Badke, 1987). 전정기능 이상 환자는 종종 머리와 체간의 동작을 최소화함으로써 현기증과 불안정한 몸시 안정성을 보상하려 한다. 그 결과 경부에 근긴장의 증가, 피로, 통증과 같은 이차적인 근골격계 증상을 발전시킨다(Shumway-Cook과 Horak, 1990).

Wolfson(1987)과 Buchner(1991), 그리고 Anniansson(1986)의 연구에서 많은 노인들이 노화와 함께 근골격계의 변화를 보이고, 하지 근력은 약 40% 정도의 감소를 보일 수 있다고 하였다. 특히, 낙상의 과거력을 가지고 있고 가장 간호를 받는 노인에게서 근력의 감소는 더 심하였다(Whipple 등, 1987). 또한 많은 노인에서 관절가동범위의 감소와 척추 유연성의 상실은 특징적인 굽거나 움크린 자세를 초래하고(Lewis와 Bottomley, 1990), 이것은 자세 정렬에 있어서 신체 질량 중심의 수직적 변위를 발뒤꿈치로 이동시키는 것과 같은 변화를 가져온다. 관절염과 같은 또 다른 상황에서도 신체 전체의 많은 관절에 운동 제한을 초래할 수 있으며, 통증도 역시 특정한 관절의 기능적 가동 영역을 제한시킬 수 있다(Horak 등, 1989).

따라서 근골격계의 평가는 관절가동범위, 근력, 통증, 감각과 협응능력 등을 모두 포함하여야 하며, 자세 불안정을 호소하는 환자에게서 특별히 강조해야 할 점은 발, 족관절, 그리고 하지의 근골격계 기능에 중점을 두어야 한다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 그리고 균형을 이

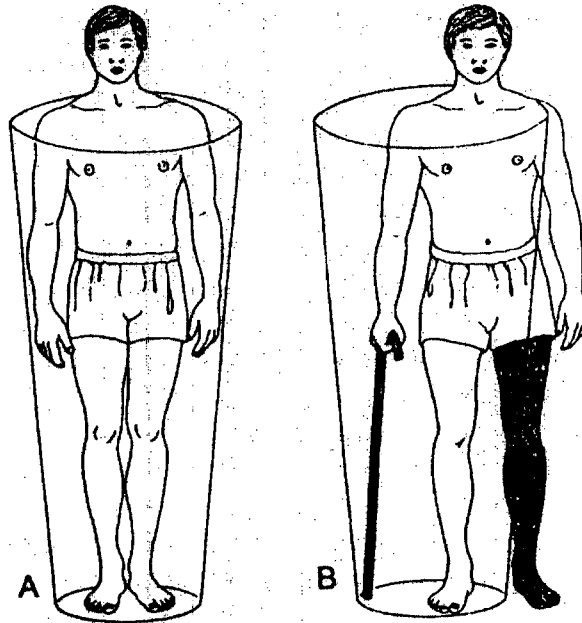


그림 2 A. 신경학적으로 정상적인 성인에서의 안정성 한계  
B. 좌측 편마비 환자의 변형된 안정성 한계

록하기 위한 운동전략은 전적으로 생역학과 신경계 제한에 의해 영향 받을 수 있는 초기 자세 정렬에 달려 있다 (Diener 등, 1983; Dunbar 등, 1986; Moors 등, 1986). 정렬의 변화는 근골격계 장애 혹은 다른 장애를 보상하려는 전략일 수 있다. 예를 들어, 노인들은 종종 두드러진 흉추후만과 두부 전방 굴곡 자세의 정렬이 특징적이며 자세와 균형에 필요한 움직임 제한하는 근골격계 장애를 보인다(Lewis와 Phillippi, 1993). 반면, 마비되지 않은 쪽에 체중을 옮긴 채 앉고 서는 편마비 환자에게 흔히 볼 수 있는 비대칭적 정렬은 종종 약증과 같은 다른 장애를 보상하기 위해 발달된 전략일 수 있다(Shumway-Cook과 Horak, 1992). 따라서 근골격계 평가시 기립위 신체 좌우 대칭 여부와 체중심의 전후방 전위를 포함한 자세 정렬도 반드시 포함되어야 한다(Shumway-Cook과 Horak, 1990).

### 1) 안정성 한계

자세조절이란 개인과 환경의 역학적 제한에 의해 결정되어지는 안정성 한계내에 신체 중심을 유지시키는 것이다(McCollum과 Leen, 1989; Nashner 등, 1990). 안정성 한계란 체중심이 지지기저면의 변화없이 안전하게 이동

되어 질 수 있는 면적 또는 범위이다(McCollum과 Leen, 1989). 즉, 주어진 지지기저면에서 낙상(중력중심이 지지기저면을 초과하는 것)이나 발을 내딛음으로써 새로운 지지기저면을 형성하지 않고서 인체를 움직일 수 있는 제한된 거리를 말한다.(Horak 등, 1989; Nashner, 1994).

안정성 한계의 측정은 치료사가 환자에게 지지기저면을 변화시키거나 쓰러지지 않고 모든 방향으로 가능한 충분히 자신의 몸을 수의적으로 기울이라고 지시하고서 압력 중심을 측정하거나 정적 플랫폼 또는 비디오 시스템 등을 이용하여 고관절 위치를 양적으로 측정함으로써 가능하다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 정상 성인에서 두발을 4인치 벌린 상태로 기립시 전후 안정성 한계는 약 12° 정도이고, 좌우 안정성 한계는 각각 8°로 16°이다(Nashner, 1990). 그러나 안정성 한계는 개인의 생역학적 기능과 과제, 그리고 지지면의 형태 등에 따라 변할 수 있고(Shumway-Cook과 Horak, 1990), 전후 안정성 한계는 신장과 발길이에 따라, 그리고 좌우 안정성 한계는 양발 기립 거리에 따라 변할 수 있다(McCollum과 Leen, 1989). 양발을 밀착시키고 기립한 상태에서 전후 안정성 한계와 좌우 안정성 한계는 양발을 4인치 이격시 보다 감소되고, 시각 조건에 따라서는 개안시 보다 폐안시에 감

소한다. 또한 지지면이 불안정한 상태에서도 안정성 한계는 감소한다(권오윤과 최홍식, 1996). 장동훈과 권혁철(1999)은 컴퓨터화된 발판을 이용하여 안정성 한계를 측정하고, 체위에 따른 안정성 한계에서 외발 기립시는 양발 기립시 보다 좌우 안정성 한계가 크게 감소하였음을 보고하였다.

## 2) 지각적 안정성 한계와 실질적 안정성 한계 (perceived & actual stability limits)

안정성 한계내에서의 체중심 운동이 직접적으로 자세 조절 전략의 선택과 관계있다는 이론이 제안되어 온 이래, 지각적 안정성 한계와 실질적 안정성 한계의 개념은 중요하다(Horak 등, 1989; Nashner 등, 1990). 자세 운동 전략의 부적절한 사용은 실질적 안정성 한계와는 무관한 지각적 안정성 한계에서의 변화를 초래한다. 일반적으로 각 개인의 안정성 한계 모델은 실질적 안정성 한계와 일치하지만(Shumway-Cook과 Horak, 1990), 많은 환자들의 경우 지각적 안정성 한계와 실질적 안정성 한계는 불일치 할 수 있으며 이것은 신경학적 병변후 감각과 운동 제한의 결과로써 발생한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

실질적 안정성 한계와 지각적 안정성 한계와의 불일치는 불안정과 낙상을 초래할 수 있다(Shumway-Cook과 McCollum, 1991). 그림 2의 A는 신경학적으로 정상인 성인에서의 안정성 한계를 보여 주고 있고, B는 편마비

환자의 실질적 안정성 한계를 보여주는데, 기립 자세에서 자세조절을 위해 충분한 근력을 생산할 수 없는 환측 다리는 제외되고 있는 모습이다. 만약, 환자의 지각적 안정성 한계 모델이 환측 다리를 지지기저면의 일부로써 포함시킨다면 환자는 무게중심이 환측으로 이동될 때 그 방향으로 넘어지는 경향이 있다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

자세조절을 위한 신체의 부정확한 내적 표시(internal representations)는 환자가 자세조절을 위해 새로운 기술을 사용하는 능력을 제한할 수 있다(Shumway-Cook과 McCollum, 1991). 예를 들어, 편마비 환자가 환측 다리로의 체중지지를 위해 새로운 자세조절 기술을 발전시키는 동안 환자의 지각적 안정성 한계가 변하지 않는다면 환자는 계속해서 비대칭적으로 기립하고 보행할지도 모른다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

## 3) 안정성 원추와 무게중심 정렬

인간은 안정성 한계내에서 균형을 유지하기 위하여 주기적으로 전후, 좌우로 움직이면서 안정성 원추를 생성한다(Nashner, 1990). 안정성 원추는 지지기저면에서 시작하여 두부쪽으로 원뿔을 이루며, 마치 아이스크림을 넣는 과자(cone)같은 모양을 하고 있는 가상의 모식도라 할 수 있다(그림 3. A).

정상적으로 기립하고 있는 인간에게서 무게중심 정렬은 안정성 한계의 중심부와 일치한다(그림 3. B). 그러나

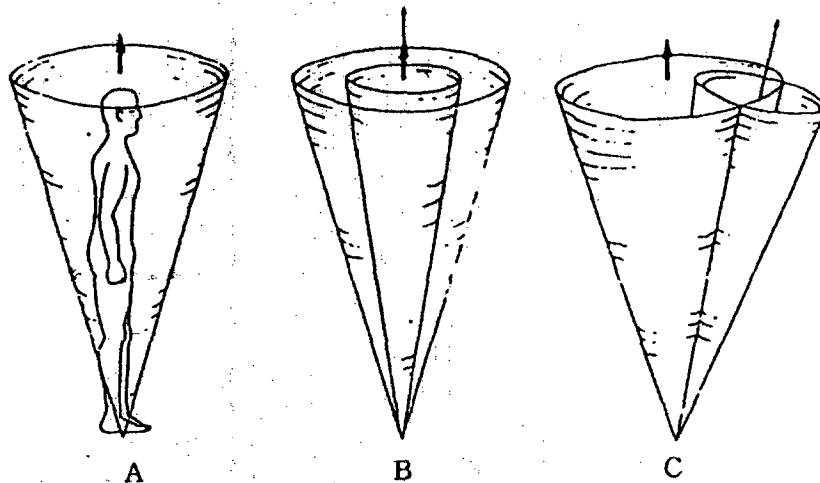


그림 3 A. 기립위 안정성 한계  
B. 무게중심 정렬이 중심부에 위치하고 동요원추가 안정성 한계내에 위치한 상태  
C. 무게중심 정렬이 안정성 한계를 초과하여 발을 내딛지 않으면 쓰러진다

무게중심 정렬이 앞이나 뒤, 또는 안정성 한계 중심의 한 쪽으로 치우친다면(그림 3. C), 신체 동요가 적을 때에는 무게중심 정렬이 안정성 한계내에서 전후, 좌우로 움직이며 안정성을 유지할 수 있지만 무게중심 정렬이 안정성 한계를 초과할 정도의 신체 동요 때에는 새로운 안정성 한계를 만들기 위해 발을 내딛지 않고서는 넘어질 것이다. 인간의 무게중심 정렬이 안정성 한계 중심과 일치한다면 안정성 원추는 전후 12°, 좌우 16°의 범위를 가질 것이다. 만약 무게중심 정렬이 안정성 원추 중심으로부터 앞, 뒤 또는 측면으로 치우친다면 작은 범위의 안정성 원추를 가질 것이며, 이로 인해 약간의 동요에도 무게중심 정렬이 안정성 한계를 초과해서 넘어지거나 균형을 잡기 위한 보상작용이 필요하게 된다(Nashner, 1990).

#### 4) 비정상적인 근골격계가 안정성 한계에 미치는 영향

기립자세에서 무게중심과 지지기저면 사이에는 세 개의 관절이 있기 때문에 인체는 안정성 한계내에 무게중심을 유지시키거나 또는 이탈된 무게중심을 안정성 한계내로 회복시키기 위하여 다양한 자세를 취할 수 있다(Nashner, 1990).

안정성 한계와 무게중심 정렬은 비정상적인 근골격계에 의해서 변화된다. 예를 들어 진행성 근이영양증 환자는 장요근, 대퇴사두근, 그리고 둔근이 침범되고 이를 보상하기 위해 머리와 어깨를 골반 후방으로 이동시켜 중력선이 골반 후방에 위치(민정옥과 김순희, 1997)하여 안정성 한계가 감소된다. 또한 족관절 족지굴곡근에 마비가 온다면 족관절이 갑작스럽게 붕괴되는 것을 방지하기 위해 무게중심을 족관절 앞쪽으로 가져가지 못함으로써 안정성 한계는 감소될 것이다(Smith 등, 1996).

근골격계 제한은 균형에 사용되는 운동전략들을 한정시킨다. 족관절 가동범위나 근력의 약화는 자세 유지를 위한 환자의 능력을 감소시키고 치료적으로 많이 사용하는 단하지 보조기(ankle foot orthosis) 또한 족관절의 관절가동범위를 제한하여 환자의 안정성 한계를 감소시킨다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 파킨슨병 환자에서 척추 유연성의 상실은 지지기저면에 대하여 무게중심을 자연스럽게 이동시키는 능력에 제한을 주고 무게중심 자체도 전방으로 이동되어 작은 범위의 안정성 원추를 만들 것이다. 뇌졸중후 이차적으로 비복근의 경직으로 아킬레스건이 짧아져서 배측굴곡이 충분히 일어나지 않는 경우에도 전후 안정성 한계는 감소될 것이다(Shiverick, 1990).

이와 같이 비정상적인 근골격계는 안정성 한계와 동시에 안정성 원추의 형태를 변화시켜 항상 낙상의 위험 요소를 내포하고 있다. 또한 근골격계의 문제는 기립자세에서 이상적인 신체 정렬을 유지할 수 없기 때문에 중력을 극복하거나 수직 자세를 유지하기 위하여 과다한 에너지를 필요로 하게 된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

## 2. 운동 협응적 요소

정상적인 자세와 균형 조절은 변화하는 과제와 환경 요구에 적응하여 반응할 수 있는 능력을 필요로 한다. 이러한 유연성은 복합적 운동전략의 사용과 과제와 환경에 알맞은 전략을 선택하는 능력을 요구한다. 신경학적 장애를 가진 많은 환자들은 변화하는 과제 요구에 운동을 수정할 수 없는 무능력을 보인다. 편마비 환자의 고정된 운동 협응은 운동의 유연성과 적응력 상실에 관한 일례로서 전형적 운동 패턴에 고정되어 운동 유연성과 순응력 상실을 보인다(Kamm 등, 1991).

전략이란 행동의 계획이며 체내에서 각개의 요소들을 조직하여 집합적인 구조로 접근하는 것이다. 자세운동 전략은 공간에서 신체 자세를 조절하기 위한 적절한 운동 조성을 뜻한다. 감각 전략은 자세조절을 위해 시각, 체성감각과 전정계로부터의 감각 정보를 조직하고, 감각운동 전략은 자세조절을 위해 감각과 운동 관점에서 조화시키는 규칙을 말한다(Shumway-Cook과 Horak, 1989).

자세와 균형 조절을 위한 운동 협응적 요소의 평가에는 기립시 또는 동적인 보행동안 정상적으로 협응된 족관절 운동 전략, 고관절 운동 전략 및 발내딛기 운동 전략들의 출현 여부를 검사하는 것과 다양한 자세 과제 환경에 가장 적절한 전략을 적용시킬 수 있는 환자의 능력을 검사하는 것이 포함된다(Shumway-Cook과 Horak, 1990).

### 1) 정적 기립자세의 운동 조절

정적 기립자세는 자발적인 적은 양의 자세 동요로 특징지어진다. 이러한 상황에서 많은 요소들이 안정성에 기여한다. 신체 정렬은 신체 분절 각각의 배열을 말하며 또한 지지기저면과 중력의 관계에서 신체의 위치를 뜻한다. 서기에서 이상적인 정렬은 신체가 내적 에너지의 최소한의 소비로 균형을 유지하게 하며, 중력의 영향을 최

소화시키고 자세조절에 효과적인 운동 전략의 배열을 결정한다(Shumway-Cook과 Horak, 1992).

근긴장도는 근육이 늘어나는 것에 저항하는 힘으로 인체가 중력으로 인해 붕괴되는 것으로부터 유지해 주는 역할을 한다. 정상적인 근긴장에 기여하는 신장반사는 자세를 유지하는 동안 피드백의 역할을 한다. 즉, 기립시 앞으로 흔들릴 때 족관절 근육이 신장되며 신장반사를 활성화시켜 근육의 반사적 단축을 일으킴으로써 전후 흔들림을 조절한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

신체 전체의 근육들은 정적 기립자세 동안 협소한 지지기저면 위에 수직적인 자세로 신체를 유지하기 위해 긴장적으로 활동한다(Basmajian과 DeLuca, 1985). 신체 중심이 이상적 정렬로 정의된 국한된 영역을 벗어나서 움직이면 안정 자세로 회복하기 위해 더 많은 근육의 활동을 필요로 하고, 이러한 상황에서 보상적 자세 전략이 지지기저면내의 안정적 자세로 무게중심을 돌아오게 하기 위해 쓰인다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

## 2) 운동전략

Nashner(1976)와 Dichgan(1982) 등은 전후로 움직일 수 있는 플랫폼을 이용하여, 정상 성인이 기립시 순간적으로 플랫폼을 전후로 움직였을 때 지지면의 변위에 반응하여 안정성을 회복하는데 이용되는 운동전략을 연구했다. 이러한 운동전략에 관련되어 작용하는 근육군을 근협력(muscle synergies)이라 했으며, 근육 활동의 특징적인 형태는 운동전략과 중요한 연관성이 있음을 보고했다(Nashner, 1977; Nashner와 Woollacott, 1979; Horak과 Nashner, 1986).

외적 동요에 반응하여 자세를 조절하는 자동적 자세반응은 기본적으로 족관절 전략, 고관절 전략, 발내딛기 전략과 현수(suspensory or crouch) 전략 등이 있다(Umphred, 1995).

족관절 전략은 발이 지지면에서 떨어지지 않고 무게중심 정렬이 안정성 한계내의 거의 중심부에 있을 때나 신체 동요 움직임이 0.3Hz 이하로 느릴 때 나타나는 전략이다(Nashner, 1990). 족관절 전략과 연관된 근육 협조는 기립 자세의 동요를 조절하는 첫 번째 패턴중의 하나로서 안정성 있는 자세를 위해 무게중심을 회복하기 위한 인체 운동의 중심을 족관절에 두는 것이다. 족관절 전략은 족관절과 발에 의해 자세 동요를 조절하는 것으로, 신체가 하나의 단위가 되어 머리와 고관절이 같은 방향으로 동시

에 움직인다(Umphred, 1995). 족관절 전략의 이용은 초기에 평형에 대한 장애가 미약하고 지지면이 단단한 곳에서 대개 사용되는 것으로 족관절 운동의 완전한 범위와 근력을 필요로 한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 고관절 전략은 골반과 체간을 이용하여 자세 동요를 조절하는 것으로 머리와 골반은 반대 방향으로 움직이며(Umphred, 1995) 좀더 크고 빠른 불안정이나 지지면이 불편하거나 선상에 서는 것과 같이 지지면이 좁을 때 균형을 회복하기 위하여 쓰인다(Horak과 Nashner, 1986). 신체 동요 움직임이 1Hz 이상일 때는 고관절 전략이 발생하고, 0.3Hz에서 1Hz 사이에서는 족관절 전략과 고관절 전략이 동시에 나타난다(Nashner, 1990). 무게중심 동요가 느리면 느릴수록 전후 안정성 한계의 범위가 12°에 이르지만 동요 정도가 좀 더 빨라지면 안정성 한계는 2~3°정도 빠르게 줄어든다. 이러한 상황에서는 잦은 빈도의 조그만 동요에도 안정성 한계의 끝에 직면하게 되어 균형을 위협하게 된다. 고관절 전략은 감소된 안정성 원추내에서 흐트러진 균형을 빠르게 교정할 수 있기 때문에 효과적이다(Nashner, 1990). 자세 불안정이 무게중심을 지지면의 바깥쪽으로 옮길 만큼 충분히 크다면 균형을 회복하기 위해 발을 내딛게 되고 새로운 안정성 한계를 만들게 된다(Shumway-Cook과 Horak, 1989; Nashner, 1990). 이것을 발내딛기 전략이라 한다. 마지막으로, 현수전략은 양하지를 굴곡시키거나 약간 구부린 동작(squatting motion)으로 무게중심을 지지기저면 쪽으로 낮추는 것으로, 이 전략은 윈드세핑에서 처럼 안정성과 운동성의 조화가 요구될 때 사용되어 진다. 이때, 무게중심과 지지기저면과의 거리가 짧아짐으로, 무게중심을 다루는 과제는 더 쉬워지게 된다(Umphred, 1995).

대부분의 신경학적으로 정상인 사람들은 선 자세에서 전후방 동요를 조절하기 위해 이들 전략을 다양하게 혼합하여 사용한다(Horak과 Nashner, 1986).

## 3) 운동전략의 적용과 다양성

자세 운동 전략은 중추에서 프로그램화되어 있지만 개인의 생역학적 조건, 변화에 대한 개인적인 선행 전략, 과거의 적용 전략에 따라 달라질 수도 있다(McCollum 등, 1984). 정상인은 한 자세 운동 전략에서 다른 전략으로 비교적 빠르게 옮길 수 있다(Horak과 Nashner, 1986). 예를 들어 좁은 선상에서 있을 때 대부분의 대상자들은 5~15번의 시도내에 족관절 전략에서 고관절 전략으로 옮겼으며, 정상 지지면으로 돌아왔을 때 6번의 시도내에

족관절 전략으로 다시 되돌아 올 수 있었다. 한 전략에서 다른 전략으로 이행하는 동안 대상자는 순수한 전략의 결합인 복합적 운동 전략을 사용했다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

젊은 성인은 지지면의 동요에 대한 균형을 회복하기 위해 전형적으로 족관절 전략을 이용하며, 이때 근육 반응은 족관절 주위의 하퇴 근육에서 처음 활성화된 후 대퇴근육으로, 그다음 복부 및 체간 근육순으로 활성화 된다. 즉, 원위부에서 근위부쪽으로 근육 활성이 이루어진다. 그러나 노인들은 족관절 주위 근육의 약화와 체성감각 기능의 저하로 인해 족관절 전략보다는 고관절 전략을 많이 사용하고 근육 활성의 잠복시도 젊은 성인보다 길어진다. 또한 어떤 노인에서는 원위 근육이 활성화 되기 전에 근위 근육이 먼저 활성화 되는 경우도 있으며(Woollacott 등, 1986), 이러한 반응은 중추신경계 질환 환자에서도 관찰된다. 편마비 환자에서는 후방 동요시 마비측의 근육 활성이 정상 90~100msec 보다 긴 220msec가 지난 후에 일어난다(Badke와 Duncan, 1983). 외상성 두부 손상이나 다운중후군, 뇌성마비 환자의 경우에도 근육 활성이 늦어진다. 그러나 파킨슨병 환자의 근육 활성 잠복시는 정상인과 같으나 이들은 신체의 전면과 후면 근육들이 동시에 협력 수축됨으로써 신체가 경직되어 균형을 회복하는데 비효율적인 전략을 사용한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

족관절 전략은 주로 체성감각에 의존된 반응이며, 고관절 전략은 주로 전정 정보에 의존된 반응이기 때문에 하지의 체성감각에 의해서 발화된 전략의 경우에는 근육

반응이 원위부에서 근위부쪽으로 발생하고, 전정기관에 의해서 발화된 전략은 머리를 조절하기 위하여 경부근육 다음으로 복부근육이 먼저 작용을 한다(Keshner와 Peterson, 1989; Pozzo 등, 1990).

중추신경계는 공간에서 신체 운동과 그런 운동을 조절 하는데 쓰이는 운동 전략간의 관계를 지도화(mapping) 또는 경계화 한다(그림 4). 이들의 개념적 경계는 역동적이며, 과제와 활동의 요구에 대응해서 변화하기도 한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

#### 4) 선행적 자세 전략

우리가 어떤 물건을 아주 무거운 것으로 예상하고 들었는데 의외로 가벼웠을 때 예상한 것보다 더 높이 들어 올리게 되며 더 큰 반응을 나타내게 된다. 예상한 것보다 더 높이 상자를 들어올리는 사실은 중추신경계가 과제가 요구하는 예상에 기초하여 힘을 프로그래밍한다는 것을 보여준다. 유사하고 다른 형태 및 무게의 상자를 들어올렸던 이전의 경험에 기초하여 중추신경계는 이 과제를 수행하는데 어떤 감각과 운동 행동이 필요한지를 결정한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 이와 같이 인간의 운동중 많은 부분은 감각 피드백이 중추신경계에 도달하기 전에 시작되고 이러한 피드포워드 조절을 선행적 자세 전략이라 한다(Evarts 등, 1984).

기립자세에서 팔을 올릴 때 팔의 주동근과 체간과 다리의 자세근육이 활성화되는데, 운동의 불안정적인 효과에 앞서 자세를 안정시키기 위해 자세근육이 50msec 먼저 활성화되고 그다음 주동근이 활성화된다. 또한 자세근육은 주동근의 운동후 다시 활성화되어 부가적으로 자세를 안정시키는데 기여한다(Belen'kii 등, 1967). 그러나 노인에서는 자세근육과 주동근이 거의 동시에 활성화되고 자세근육이 활성화되기 위한 잠복시가 길어진다. 이들 연구는 많은 노인이 예상적인 자세 적응을 신속하고 효율적으로 만드는데 문제가 있음을 나타낸다. 들고 옮기기과 같은 수의적 운동 과제에서 자세를 안정시키지 못하는 무능력한 많은 노인에서 낙상의 주요 원인이 될 수 있다. 뇌졸중, 뇌성마비, 다운중후군 아동, 그리고 파킨슨병 환자와 같이 신경학적으로 손상받은 환자들은 수의적 팔 동작에서 자세근육을 활성화시키지 못한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

일반적으로 선행적 자세 전략은 운동을 하기 전에 자세조절 근육을 준비하는 것을 의미하는 용어로 생각하지만 균형유지에도 활용된다.

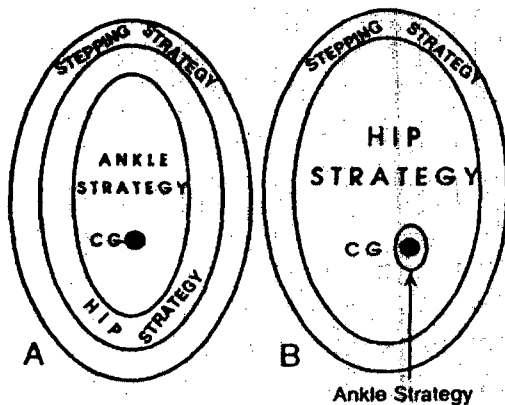


그림 4. 운동 전략간의 역동적인 개념적 경계



### 3. 감각조직화 요소

효과적인 자세와 균형 조절은 공간에서 신체 위치를 조절하기 위한 힘을 생산하고 적용할 수 있는 능력 이상의 것을 요구한다. 불균형을 회복하기 위한 힘을 적용할 때를 알기 위해서 중추신경계는 공간에서 신체 위치에 대한 정확한 그림을 가지고 있어야 한다. 그 결과 정상적인 자세와 균형 조절은 환경에 대한 신체 위치와 운동에 관하여 시각, 체성감각, 전정계로부터의 감각정보 조직화를 필요로 한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

감각정보 처리 붕괴는 여러 면에서 자세와 균형 조절에 영향을 주기도 한다(Horak과 Shupert, 1994). 첫째, 감각 문제는 자세와 균형 조절을 위한 정확한 신체의 내적 모델 발달을 방해한다. 이는 중력과 환경에 대한 신체의 위치인식을 정확하게 결정할 수 있는 환자의 능력에 영향을 줄 수 있다. 둘째, 중추 감각기전의 붕괴는 과제와 환경의 요구 변화에 감각 입력을 적용할 수 있는 능력에 영향을 주기도 한다. 셋째, 감각 문제는 운동 학습을 방해하여 변화에 적용할 수 있는 능력에 영향을 준다. 마지막으로 감각 정보 상실은 불안정성을 예상할 수 있는 능력에 손상을 주어 환자가 불안정을 느끼고 움직이는데 사용하는 전략에 보상적인 수정을 야기한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

신경학적으로 손상받은 환자에게 감각이 자세와 균형 조절에 사용되는 범을 적용하지 못하는 것은 개인의 감각계내의 병리 또는 자세와 균형 조절을 위한 감각정보를 조직하는데 중요한 중추감각구조 손상 때문이다(Shumway-Cook과 Horak, 1992). 체성감각, 운동, 그리고 고유수용성 정보 상실은 많은 형태의 뇌졸중에서 일반적이며, 편마비 환자의 자세와 운동 조절에 깊이 영향을 주는 편측 감각 소실을 야기한다(DiFabio와 Badke, 1990). 또한 중추신경계 환자들은 말초 또는 중추 전정구조에 연합적인 문제를 갖는다(Shumway-Cook, 1994). 그러므로 감각운동 요소를 이해하는 것은 균형 문제를 평가하거나 치료하는데 매우 중요한 요소가 된다.

균형 조절에 관련된 감각은 시각, 전정기관, 체성감각 등이 있다.

#### 1) 시각 정보

눈은 사람에게 환경의 형상과 위협한 상황 및 거리가 얼마 정도가 되는가에 대한 정보와 운동이 발생하는 지

면 상태를 포함한 정보를 제공한다. 또한 신체의 위치에 대한 정보와 요구된 운동의 강도와 어려움에 대한 정보도 제공하여 사람이 먼저 생각하고 자세를 변화시키도록 해준다(이한숙 등, 1996). 이처럼 시각 정보는 환경에 대한 정보 뿐만 아니라 환경안에서 신체의 방향감을 제공한다(Lee와 Aronson, 1974).

균형을 위협하는 상황을 판단하는데 가장 중요한 것이 시각 정보이다. 보행중 시각 정보를 통해 균형에 위협을 받을 만한 상황이 인지되면, 보행을 지속하기 위해 근육의 힘이나 관절의 운동 범위를 신속하게 조절한다. 그러나 노인에서는 눈 자체내 구조의 다양한 변화 때문에 빛이 망막으로 덜 전달되고 시각 대조 감수성의 전형적 상실 등으로 보행동안 시각 정보를 사용하는 능력이 감소되어 균형을 잃고 넘어지기 쉽다(Pastalan 등, 1973; Pitts, 1982; Patla, 1993).

정적 기립자세 동안 눈을 뜨고 감았을 때의 흔들림의 폭을 관찰하여 시각의 효과를 연구하였는데 눈을 감았을 때 정상인에서 흔들림의 큰 증가가 있음을 발견하였다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 하지만, 시각정보가 자세 조절에 분명히 중요하나 절대적으로 필요한 것은 아니다. 시각 장애인들도 서거나 보행이 가능하고, 눈을 감은 상태에서도 균형을 유지할 수 있고, 정상인도 어두운 방에서 서거나 걸을 수 있다. 또한 시각 정보는 항상 자기 동작(self-motion)에 관한 정확한 방향 정보를 제공하는 것은 아니다. 예를 들어, 자신이 탄 열차와 반대편의 열차가 승강장에서 나란히 정차하고 있다가 반대편의 열차가 움직인다면 처음에는 자신이 탄 열차가 움직이는 것으로 혼동하는 경우가 종종 있다. 즉, 시각 정보를 뇌에서 잘못 해석하는 경우이다. 이처럼 시각 정보는 눈 앞 환경이나 물체가 움직이는 것(object-motion, exocentric motion)과 자신이 움직이는 것(self-motion, egocentric motion)을 분별하는데 어려움이 있다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

#### 2) 체성감각 정보

체성감각계는 지지면과 관계해서 신체의 위치와 운동에 관한 정보를 중추신경계로 전달한다. 또한 체성감각 정보는 신체 분절 서로간의 관계에 관해 신체 전체의 정보를 보고한다. 체성감각수용기는 관절과 근육 고유수용기, 피부수용기 및 압력수용기를 포함한다.

정상적인 환경하에서 고정되고 평탄한 지지면에서 있을 때, 체성감각수용기는 수평적 지지면에 관한 신체의

위치와 운동에 관한 정보를 제공한다. 그러나 상대적으로 움직이고 있는 지면, 예를 들면 보트나 램프같은 수평적이지 않고 유동적인 지지면에서 있다면 지지면에 대해 수직적 방향을 세우는데 적절한 정보를 제공하지 못한다.

신체 모든 부위로부터의 체성감각 입력은 정적 기립 자세동안 자세 조절에 기여한다. Roll(1988) 등은 소형 진동기로 눈, 목, 발목 근육을 자극했고 정적 기립자세 동안 자세 조절을 위한 이들 근육으로의 고유수용성 감각 입력의 기여를 연구했는데, 눈 근육에 대한 진동으로 눈을 감고 서 있는 대상자는 진동되어진 근육의 흔들림 방향에 따라 신체가 흔들리는 것을 발견했다. 신체 흔들림은 또한 흉쇄유돌근과 가자미근의 진동으로도 일어났다. 이것은 신체 모든 부위의 고유수용기가 정적 기립자세의 유지에 중요한 역할을 한다는 것을 암시한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

Fernie와 Holling(1978)은 슬하부 및 슬하부 절단자들에 있어 자세동요는 증가했다고 했지만, Vintas(1986) 등은 슬하부 절단자의 자세동요는 대조군과 비슷하다고 하였다. 슬하부 절단자와 정상적인 체질을 가지고 있는 사람들과의 차이점은 시각과 전정기관이 손상받지 않았을 때, 기립 불안정의 주된 요인은 발과 다리 근육의 소실로 인한 고유수용성 입력의 양적인 저하 때문이라고 가정할 수 있다. 그러나 슬하부 절단자들도 재활의 마지막 단계에서는 점진적인 보상과 적응의 과정을 거쳐서 신체동요가 줄어들었다(Isakov 등, 1992).

노인(70-90세)의 슬관절 진동감각의 역치는 젊은 성인에 비해 증가하고, 많은 연구에서 노인 대상자가 슬관절 감각을 인식할 수 없기 때문에 측면절로부터의 진동 반응에 무능력하다고 보고한다. 노인에서 이러한 감각 저하는 균형 조절에 중요한 체성감각 정보 전달 능력이 감소되기 때문에 균형 유지에 어려움을 겪는다(Whanger와 Wang, 1974).

### 3) 전정계 정보

전정계는 중력과 관성력에 관한 머리 운동과 자세에 대한 정보를 중추신경계에 제공하며 자세 조절에 관련된 중력-관성 불을 제공한다.

전정계는 머리의 위치와 동작의 다른 관점에서 감각하는 두가지 형태의 수용기를 가지고 있다. 반규관은 (semicircular canal)은 머리의 각속도를 감지한다. 반규관은 특히 미끄러짐, 강충강충 뛰기, 비틀거림과 같은 불

균형이 있을 때나 보행동안 일어나는 것과 같은 빠른 머리 운동에 민감하다(Horak과 Shupert, 1994). 이석 또는 평형석(otolith)은 선위치와 가속도를 감지한다. 중력이 선위치나 공간에서의 운동과 관계하여 탐지되기 때문에 이석은 중력에 관한 머리 위치 정보의 근원으로 중요하다. 대개 이석은 자세 흔들림 동안 일어나는 것과 같은 느린 머리 운동에 반응한다. 그러므로 전정계는 머리의 위치와 운동에 대한 보고를 하며 시각 정보에서 흔들리기 쉬운 외심적인 동작(exocentric motion)과 자기중심적인 동작(egocentric motion)을 구별하는데 중요하다(Horak과 Shupert, 1994).

비록 신체의 운동이나 자세를 인지하는데 전정계의 기능이 중요하지만 공간에서 신체의 위치를 정확히 전달하지는 못한다. 예를 들어 상대적으로 고정된 체간에 대한 단순한 머리만의 운동과 움직이는 체간과 함께 연합된 머리의 운동을 전정계 정보의 입력만으로는 중추신경계가 구별할 수 없다. 또한 반규관은 빠른 머리의 운동은 잘 감지하지만 천천히 머리를 회전했을 때는 잘 감지하지 못한다. 이러한 한계는 시각 정보가 보상을 해준다(Horak과 Shupert, 1994).

70세 노인에서는 전정기능이 40% 정도 감소하는데(Rosenhall과 Rubin, 1975), 전정 기능의 부분적인 상실은 현기증과 구역질을 일으킬 수도 있으며(이한숙 등, 1996), 이것은 노인에서 불균형을 일으키는 중요한 요소가 될 수 있다.

### 4) 자세 조절에 대한 감각적용

하나 이상의 위치인식 신호가 공간에서 신체 위치를 부정확하게 보고하는 환경에서 자세 조절을 위한 감각 선택을 적절히 하지 못하는 것을 감각 선택 문제(sensory selection problem)라고 한다. 뇌졸중, 뇌손상 및 뇌성마비와 다운증후군 같은 감각 선택 문제를 가진 환자들은 종종 자세 조절을 위한 감각 정보가 지속적인 환경에서는 균형을 유지할 수 있지만 이들 감각간에 모순이 있을 때 안정성을 유지할 수 없다(Shumway-Cook 등, 1988; Horak 등, 1988).

감각 문제는 우리가 자세 조절을 위해 움직이는 방법에 영향을 줄 수 있다(Horak과 Shupert, 1994). 앞서 언급한 것처럼 공간에서 신체 위치를 조절하기 위한 어떤 운동 전략은 특정한 감각들에 더 의존적이다. 그 동작을 조절하는데 필요한 감각을 이용하지 못할 때 자세 조절을

위한 그 운동 전략을 사용할 수 있는 개인의 능력은 상실된다. 예를 들어 촉각 전략이 지지면 운동을 보상하기 위해 사용될 때는 체성감각 입력이 중요하고, 고관절 자세 운동 전략이 균형 조절을 위해 사용될 때는 시각과 전정감각이 더 중요하다는 것이다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

4개월에서 2세 된 소아는 균형 유지를 위해 주로 시각에 의존하여 벽이 움직이는 방에 새우면 벽이 움직이는 쪽으로 계속해서 넘어진다. 3세에서 6세 된 어린이는 체성감각 정보를 적절히 이용할 수 있고, 7세에서 10세 된 어린이는 전정계 정보를 적절히 이용할 수 있어, 이 연령의 어린이는 보행 형태가 완전히 성숙된다(Sutherland 등, 1988).

기립시 요동의 빈도에 따라 자세 조절에 관여하는 감각은 서로 다르다. 1~3Hz의 요동 빈도에서는 주로 체성감각에 의해 자세 조절이 되고, 0.1~1Hz의 요동 빈도에서는 시각 입력이 자세 조절에 관여한다. 전정기관은 고빈도의 요동에서 자세 조절에 관여한다(Diener 등, 1982).

시각으로 입력된 정보에 대한 근육의 활성 잠복시는 200msec로 체성감각 정보에 의한 활성 잠복시 80-100msec보다 느리다. 그래서 지지면을 빠르게 이동시켜 발생하는 자세동요를 조절하는 것은 시각 정보에 의한 것보다 체성감각 정보에 더 의존한다(Nashner와 Woollacott, 1979; Dietz 등, 1991).

성인이 막 과제를 배울 때는 시각 정보의 비중을 증가시키고, 과제가 좀 더 자동적이게 됨에 따라 자세와 균형 조절에 시각 정보의 상대적 중요성은 감소하고 체성감각 정보에 대한 비중이 증가한다(Lee와 Lishman, 1975). 또한 신경계 병변 환자들도 회복 과정의 초기에는 시각 정보에 더 의존하지만 자세 조절을 포함한 운동 기술이 재획득 될 때, 환자는 시각에 덜 의존하게 되고, 좀 더 체성감각 정보를 이용할 수 있게 된다(Mulder 등, 1993).

인간은 하나의 감각으로부터 부정확한 감각 정보를 받았을 때, 그 정보를 다른 이용할 수 있는 감각계와 비교할 수 있으며 그런 다음 자세 반응을 이끌어내기 위해 이들 감각 정보의 비중을 재조정하여 정확한 정보로 옮겨 가게 된다. 이렇게 자세 조절을 위한 어떤 하나의 감각 정보의 상대적인 중요성을 수정할 수 있는 중추신경계의 능력 때문에 인간은 다양한 환경에서도 균형을 유지할 수 있다.

감각전략, 즉 주어진 감각의 상대적인 비중은 나이, 과

제, 환경의 기능에 따라 다양하고 가장 적절한 감각이 환경과 과제를 위해 확실히 선택되게 된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

### III. 결 론

자세와 균형 조절의 과제는 공간에서 두가지의 목적인 안정성과 방향성을 위한 신체 자세를 조절하는 것을 포함한다. 자세 방향성은 체절간의 적절한 관계를 유지하는 능력과 과제를 위한 신체와 환경간의 적절한 관계를 유지하는 능력으로 정의된다(Shumway-Cook과 Horak, 1992). 대부분의 기능적 과제에서는 신체를 수직적인 방향으로 유지한다. 수직 방향을 형성하는 과정에서 중력(전정계), 지지면(체성감각계)과 환경에서 사물에 대한 신체와의 관계(시각계)를 포함하는 다양한 감각과 관련된 것을 이용한다. 자세 안정성은 신체 자세를 유지시키는 능력으로 정의되며 특히, 안정성 한계로 언급되는 공간의 특별한 경계내의 신체중심(center of body mass, COM)이다. 안정성 한계는 지지면을 변화시키지 않고 그 자세를 유지할 수 있는 어떤 공간에서의 경계이다. 안정성 한계는 고정된 경계가 아니며 과제와 개인의 생리학, 환경의 다양한 측면에 따라 변한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

자세조절 시스템에서 두가지의 명확한 목표는 안정성과 방향성이다(Shumway-Cook과 Horak, 1989; Horak과 Shupert, 1994). 자세조절이 대부분의 과제에서 공통적으로 필요할 것이나 안정성과 방향성은 각 과제마다 변화를 요구한다. 어떠한 과제는 안정성을 희생하여 적절한 방향성을 유지시키는데 중요성을 두기도 한다. 예를 들어, 축구나 야구 경기에서 날아오는 공을 잡을 때, 경기자는 항상 공의 진행 방향에 주의해야 하며 공을 막거나 붙을 잡으려는 노력으로 때때로 땅에 넘어지기도 한다(Shumway-Cook과 McCollum, 1990).

안정성과 방향성을 위한 자세와 균형 조절은 공간에서 신체의 자세와 행동을 평가하는 감각 정보의 통합과 신체 자세를 조절하는 힘의 능력이 요구되므로 근골격계와 신경계의 복잡한 상호작용을 필요로 한다. 근골격계 요소는 관절가동범위, 척추 유연성, 근육 특성과 신체 분절 사이의 생역학적 관계를 포함하며, 신경계 요소는 신경 근 반응 협력을 포함하는 운동 과정들, 시각계, 전정계, 체성감각계를 포함하는 감각 과정, 이런 다양한 감각 입

력을 조직하는 감각 전략과, 행동에 감각을 지도화(mapping)하는데 중요한 내적 표현들과 자세 조절의 관점에서 기대되고 적용하는데 중요한 고위 레벨 과정을 포함한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

시스템 이론에서 자세 조절은 공간에서 신체 자세를 조절하기 위한 협동적인 신체 체제들 가운데의 복잡한 상호작용으로 생긴다고 하였다. 자세 체제의 특별한 구성은 기능적인 과제와 그것이 수행되는 환경에 의해 결정된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 예를 들어, 의자에 앉아서 책을 읽는 과제는 머리를 유지하고, 읽는 것에 안정적이고 고정적인 방향성을 요구하여 팔과 손은 머리와 눈의 관계에서 책이 적절한 위치에 유지되도록 과제에 특별한 방향성을 유지한다. 이 과제에서 신체가 의자의 등과 시트에 접촉하여 굉장히 넓은 지지면을 확보하기 때문에 요구되는 안정성은 느슨하여 체간에 대해 지지되지 못한 머리를 조절하는 것 뿐이다. 하지만 기립 자세에서 책을 읽는 과제는 대략 머리, 눈, 팔, 책에 대해 비슷한 방향성을 요구하지만 안정성의 요구는 좀 더 엄격하다. 이 과제는 신체 중심이 두발 사이의 좀 더 적은 지지면 내에서 유지되어야 하기 때문이다. 그러므로 모든 과제들이 자세 조절을 요구하지만 특별한 방향성과 안정성의 요구는 과제와 환경에 따라 다양하며 이로 인해 자세 조절을 위한 감각 및 운동 전략의 이용은 다양한 과제와 환경 요구에 따라 적용되어야 한다(Shumway-Cook과 Horak, 1989). 뿐만 아니라 자세 조절은 신체의 운동을 감지하는 감각, 중추신경계 안에서 감각-운동 통합, 근골격계를 통한 적절한 실행이 상호 연관된 복잡한 처리 과정을 통하여 유지되어 진다.

지금까지 매우 복합적인 요소가 관여하는 자세와 균형의 조절 기전과 신경학적으로 손상받은 환자와 노인에서와 같이 균형과 관련된 요소가 손상 또는 제한되었을 때 균형에 어떠한 영향을 미치고 그로 인한 균형 조절의 변화에 대하여 알아보았다.

자세와 균형 조절의 문제는 인간의 일상생활에서 필수적이고 임상에서도 환자의 기능적이고 독립적인 생활을 위하여 중요하다.

균형 조절 기전이 근골격계 요소, 운동 협응적 요소, 그리고 감각조직화 요소 등이 매우 복합적으로 상호작용하여 이루어지기 때문에 균형에 대한 평가도 이러한 요인들을 모두 고려한 접근이 필요하며 또한 그러한 평가 후에 균형 조절을 제한하는 근본적인 원인을 찾아 이들 요소의 문제점을 해결해나가는 방향으로 치료 전략을 수

립해야 할 것이다.

## <참 고 문 헌>

- 권오윤, 최홍식 : 20대 연령에서 다양한 감각 조건에 따른 안정성 한계의 비교, 대한물리치료사 학회지 제 3권 2호 : 129-139, 1996.
- 민경옥, 김순희 : 질환별물리치료(II). 초판, 서울, 대학서림 1997, pp 155-156.
- 이충희, 권혁철 : 고급물리치료 I, ed 2, 서울, 현문사, 1995, pp 14-15.
- 이한숙, 최홍식, 권오윤 : 균형조절 요인에 관한 고찰, 한국전문물리치료학회지 제3권 3호 : 82-91, 1996.
- 정동훈, 권혁철 : 체위에 따른 균형 안정성 한계의 비교, 한국전문물리치료학회지 제6권 1호 : 35-46, 1999.
- Anniansson A, Hedberg M, Henning G, et al : Musclemorphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men : a follow up study, Muscle Nerve 9 : 585-591, 1986.
- Badke M, Duncan P : Patterns of rapid motor responses during postural adjustment when standing in healthy subjects and hemiplegic patients, Phys Ther 63 : 13-20, 1983.
- Barnes ML and others : Reflex and vestibular aspects of motor control, motor development, and motor learning. ed 1, Atlanta, Stokesville Publishing Co, 1990.
- Basmajian JV, DeLuca C : Muscle alive. ed 5, Baltimore, Williams & Wilkins, 1985.
- Belen'kii NY, Gurfinkel VS, Paltsev YI : Elements of control of voluntary movements, Biofizika 12 : 135-141, 1967.
- Bobath B : Adult hemiplegia : evaluation and treatment. ed 2, London, William Heinemann Medical Books, 1978.
- Buchner DM, De Lateur BJ : The importance of skeletal muscle strength to physical function in older adults, Annals of Behavioral Medicine 13 : 12-21, 1991.
- Diener HC, Bootz F, Dichgans J, et al : Variability of postural "reflex" in humans, Exp Brain Res 52 : 423-428, 1983.
- Diener HC, Dichgans J, Bruzek W, et al : Stabilization of human posture during induced oscillations of the body, Exp Brain Res 45 : 126-132, 1982.
- Diëtz M, Trippel M & Horstmann GA : Significance of proprioceptive and vestibulo-spinal reflexes in the control of stance and gait, Amsterdam, Elsevier, 1991, pp37-52.

- DiFabio R, Badke MB : Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia, *Phys Ther* 70 : 543-552, 1990.
- Dunbar DC, Horak FB, Macpherson JM, et al : Neural control of quadrupedal and bipedal posture, *Journal of Anthropology* 69 : 93-105, 1986.
- Duncan P, Badke MB : Determinants of abnormal motor control, Chicago, Year Book Medical Publishers, 1987, pp 135-159.
- Evarts EV, Shinoda Y & Wise SP : Neurophysiological approaches to higher brain function New York, John Wiley & Sons Inc, 1984.
- Fernie GR, Holling PJ : Postural sway in amputees and normal subjects, *J Bone Joint Surg* 60 : 895-898, 1978.
- Horak FB : Clinical measurement of postural control in adults, *Phys Ther* 67 : 1881-1885, 1987.
- Horak FB, Nashner LM : Central programming of postural movements : adaptation to altered support surface configurations, *J Neurophysiol* 55 : 1369-1381, 1986.
- Horak FB, Shumway-Cook A : Clinical implications of postural control research : proceedings of the APTA Forum, Alexandria, 1990, pp 105-111.
- Horak FB, Shumway-Cook A, Crowe T, et al : Vestibular function and motor proficiency in children with hearing impairments and in learning disabled children with motor impairments, *Dev Med Child Neurol* 30 : 64-79, 1988.
- Horak FB, Shupert CL : Role of the vestibular system in postural control, Philadelphia, FA Davis, 1994, pp 22-46.
- Horak FB, Shupert CL, and Mirka A : Components of postural dyscontrol in the elderly, *Neurobiol Aging* 10 : 727-745, 1989.
- Isakov E, Mizrahi J, Ring H, et al : Standing sway weight-bearing distribution in people with below-knee amputations, *Arch Phys Med Rehabil* 73 : 174-178, 1992.
- Kamm K, Thelen E & Jensen J : A dynamical systems approach to motor development, Alexandria, Movement science, 1991 pp 11-23.
- Keshner EA, Peterson B : Frequency and velocity characteristics of head, neck, and trunk during normal locomotion, *Soc Neurosci Abstr* 15 : 1200, 1989.
- Knott M, Voss D : Proprioceptive neuromuscular facilitation : patterns and techniques, ed 2, New York, Harper and Row, 1968.
- Lee DN, Aronson E : Visual proprioceptive control of standing in human infants, *Perception and Psychophysics* 15 : 529-532, 1974.
- Lee DN, Lishman R : Visual proprioceptive control of stance, *Journal of Human Movement Studies* 1 : 87-95, 1975.
- Lewis C, Bottomley J : Musculoskeletal changes with age, Philadelphia, FA Davis, 1990, pp 145-146.
- Lewis C, Phillippi L : Postural changes with age and soft tissue treatment, *Phys Ther Forum* 9 : 4-6, 1993.
- McCollum G, Horak FB & Nashner LM : Parsimony in neural calculations for postural movements, Berlin, Springer-Verlag, 1984, p 52.
- McCollum G, Leen TK : Form and exploration of mechanical stability limits in erect stance, *J Motor Behav* 21 : 225, 1989.
- Moore S, Horak FB & Nashner LM : Influence of initial stance position on human postural responses, *J Neurosci* 12 : 1301, 1986.
- Morris SL, Sharpe MH : PNF revisited, *Physiother Theory Practice* 9 : 43, 1993.
- Mulder T, Berndt H, Pauwels J, Nienhuis B : Sensorimotor adaptability in the elderly and disabled, Dordrecht, Kluwer, 1993.
- Nashner LM : Adapting reflexes controlling the human posture, *Exp Brain Res* 26 : 59-72, 1976.
- Nashner LM : Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance, *Exp Brain Res* 30 : 13-24, 1977.
- Nashner LM : Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance, Alexandria, proceedings of the APTA Forum, 1990, pp 5-12.
- Nashner LM : Evaluation of postural stability, movement, and control : Clinical exercise physiology, Philadelphia, Mosby, 1994.
- Nashner LM, Shupert CL, Horak FB, et al : Organization of postural control : An analysis of sensory and mechanical constraints, *Prog Brain Res* 80 : 411-418, 1990.
- Nashner LM, Woollacott MH : The organization of rapid postural adjustments of standing humans : an experimental-conceptual model, New York, Raven Press, 1979, pp 243-257.
- Pastalan LA, Mantz RK & Merrill J : The simulation of age-related sensory losses : a new approach to the study of environmental barriers, Dowden, Hutchinson & Ross, 1973, pp 383-390.
- Patla AE : Age-related changes in visually guided

- locomotion over different terrains, Amsterdam, Kluwer Academic Publishers, 1993, pp 231-252.
- Pitts DG : The effects of aging on selected visual functions : dark adaptation, visual acuity, streopsis, and brightness contrast, New York, Alan R, 1982 pp 131-160.
- Pozzo T, Berthoz A & Lefort L : Head stabilization during various locomotor tasks in humans, *Exp Brain Res* 82 : 97, 1990.
- Roll JP, Roll R : From eye to foot : a proprioceptive chain involved in postural control, Amsterdam, Elsevier, 1988, pp 155-164.
- Rosenhall U, Rubin W : Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia, *Acta Otolaryngol* 79 : 67-81, 1975.
- Schenkman M : Interrelationships of neurological and mechanical factors in balance control, *Proceedings of the APTA Forum*, Alexandria, 1990, pp 29-41.
- Schenkman M, Butler RB : A model for multisystem evaluation, interpretation, and treatment of individuals with neurologic dysfunction, *Phys Ther* 69 : 538, 1989.
- Shiverick D : Loss of gastrocnemius length in hemiplegic patients, *Neurology Report* 3 : 4-6, 1990.
- Shumway-Cook A : Equilibrium deficits in children, Columbia, University of South Carolina press, 1989, pp 229-252.
- Shumway-Cook A : Vestibular rehabilitation in traumatic brain injury, Philadelphia, FA Davis, 1994, pp 347-359.
- Shumway-Cook A, Horak FB : Vestibular rehabilitation : an exercise approach to managing symptoms of vestibular dysfunction, *Seminars in Hearing* 10 : 196, 1989.
- Shumway-Cook A, Horak FB : Rehabilitation strategies for patients with vestibular deficits, *Neurologic Clinics* 8 : 441-457, 1990.
- Shumway-Cook A, Horak FB : Balance rehabilitation in the neurologic patient, Seattle, NERA, 1992.
- Shumway-Cook A, Horak FB, Black FO : Critical examination of vestibular function in motorimpaired learning disabled children, *Int Ped Otorhinolaryngol* 14 : 21-30, 1988.
- Shumway-Cook A, McCollum G : Assessment and treatment of balance disorders in the neurologic patient : Motor control and physical therapy : theoretical framework and practical applications, Chattanooga Crop, 1990, pp 123-138.
- Shumway-Cook A, McCollum G : Assessment and treatment of balance deficits, Hixson, Chattanooga Group, 1991, pp 123-137.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH : Motor control : Theory and practical applications. ed 1, Baltimore, Williams & Wilkins, 1995, pp 119-206.
- Smith LK, Elizabeth LW & Lehmkuhi LD : Brunnstrom's clinical kinesiology. ed 5, 1996, p 418.
- Sutherland DH, Olshen RA, Biden EN, et al : Development of mature walking, London, Mackeith Press, 1988.
- Umphred DA : Neurological rehabilitation. ed 3, St. Louis, Mosby, 1995, p 804.
- Van Sant AF : Should the normal motor developmental sequence be used as atheoretical model to progress adult patients?, *proceedings of the II-STEP conference*, Alexandria, Book crafters, 1991.
- Vittas D, Larsin TK & Jansen EC : Body sway in below-knee amputees, *Prosthet Orthot Int* 10 : 139-141, 1986.
- Whanger A, Wang HS : Clinical correlates of the vibratory sense in elderly psychiatric patients, *J Gerontol* 29 : 39-45, 1974.
- Whipple RH, Wolfson LI & Amerman PM : The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents : an isokinetic study, *J Am Geriatr Soc* 35 : 13-20, 1987.
- Woo SLV, Matthews JV, Akerson WH, et al : Connective tissue response to immobility, *Arthritis Rheum* 18 : 257-264, 1975.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A & Nashner LM : Aging and posture control : In sensory organization and muscular coordination, *Int J Aging Human Dev* 23 : 97-114, 1986.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A : Changes in posture control across the life span : a systems approach, *Phys Ther* 70 : 799-807, 1990.