

자세에 영향을 미치는 평형반응에 대한 고찰

서울대학교 병원 재활의학과
영동 전문대학 물리치료과*

정진우 · 김영희*

A Study on Equilibrium Reaction which Affects Posture

Chung, Jin Woo M.P.E., R.P.T
Kim, Young Hee M.S.E., R.P.T., O.T.R.*

Dept. of Rehabilitation Medicine, Seoul National Univ. Hospital
*Dept. of Physical therapy, Yeong Dong Junior College**

I. 서 론

뇌손상으로 인한 기능장애를 가지고 있는 환자들은 대부분 자세와 평형을 유지하기 어려운 문제에 직면해 있고 물리치료사나 작업치료사는 그에 대한 치료 방법으로 신경생리학적 운동발달 치료를 채택하고 있는 경우가 많다. 신경생리학적 운동발달 치료의 방법에는 여러가지 이론과 방법이 제시되어 있으나 어느정도 신체를 가눌 수 있는 환자의 운동치료에 있어서 가장 중요한 것은 자세의 유지와 평형을 다루는 일로서 그에 대한 이론적 뒷받침이 선행되어야 하리라 믿으며 그것은 영아의 정상운동발달에서의 평형반응이 도출되는 시기와 평형반응의 정상적인 반응을 살펴 보는데 그 의미가 있다고 생각된다. 따라서 신경생리학적 운동발달 치료의 근간을 이루고 있는 자세와 평형에 대한 문제를 문헌을 통하여 고찰해 보고 그에 대한 이론적근거를 살펴 보고자 한다.

II. 평형반응의 신경 생리학적인 고찰

사람이 선자세를 유지하는일, 운동시 머리의 방위를 바로 잡는일, 머리와 몸, 사지와와의 관계를 올바르게 유지하는일 등 자세와 평형유지에 관련된 기능은 내이(內耳)의 전정(前庭, vestibule), 목근육과 인대, 사지근육과 관절에 분포된 고유 수용기, 눈의 망막과 피부에서 시작하는 복잡한 반사기전으로 이루어 진다. 몸의 평형유지는 내이 전정 고유 수용기 흥분이 가장 중요하지만 망막을 통한 시각, 발바닥의 외수용기의 흥분도 중요하다. 그리고 앉기, 구르기, 네발기기, 서기 등과 같은 동작에서 체중을 지탱하기 위해서는 척수반사가 기본적 구실을 한다. 이러한 평형과 자세를 조정하는 중추기구는 중뇌 망상체 및 전정 신경핵 영역에 있으며 연수 망상체와 대뇌 피질도 이에 관여 한다. 그리고 소뇌는 자세와 평형반사를 세밀하게 조정한다.

신체의 운동 중에서 특히 지탱하는 자세를

유지하는 것은 항중력근의 작용이며 항중력근은 근방추가 잘 발달되어 있어 중력으로 관절이 굴곡되고 근육이 늘어날 때 자극이 되어 신전반사를 일으킨다. 신전반사의 고위조정은 대개 반사중추를 척수에 둔 척수반사이지만 뇌간과 대뇌피질, 소뇌 등에 의하여 소통(facilitation)과 억제(inhibition)의 영향을 받는다. 연수의 복내측 망상체 억제 영역은 주로 신근 운동뉴론의 긴장성 흥분을 억제하여 신전반사를 약화시킨다. 그러나 중뇌를 지나 미측 시상하부에 뻗어 있는 망상체 소통영역은 주로 신근 운동 뉴론의 긴장성 흥분을 촉진시켜 신전반사를 강화한다. 이 소통 영역은 근방추로부터 구심성 흥분을 받아 망상체 척수로를 거쳐 소통성 흥분을 신근 운동뉴론에 전달한다. 소통영역에 영향을 미치는 구조로는 전정신경핵이 있다. 이것은 내이 전정으로부터 전정신경을 거쳐 긴장성 구심흥분을 받아 전정 척수로(vestibulospinal tract)를 경유하여 원심흥분을 척수 전각 신근 운동뉴론에 전달하여 신전반사를 소통시킨다.

전정계(vestibular system)는 평형과 관계가 깊다. 즉 위치 및 운동감각(position and movement sense)과 밀접한 관계가 있다. 전정계의 수용기는 중력에 의한 낙하와 인체 움직임의 갑작스런 변화에 따른 머리와 인체의 위치변화를 감지한다. 전정계에서 오는 정보는 머리 위치의 변화에도 불구하고 눈을 일정한 지점에 고정시키고 인체를 직립 자세로 유지시키는 두 가지 목적에 이용된다. 인체의 위치 및 운동을 감지하는 수용기는 난형낭과 구형낭에 있다. 이들 감각 상피가 모여 있는 곳은 난형반(macula utriculi)과 구형반(macula statica)이라고 한다. 난형낭은 대체로 수평으로 위치하나 뒤의 2/3는 30도 정도의 경사를 이루고 있고 앞의 1/3은 항상 전방을 향한다. 구형낭의 구형반은 머리의 정중면에 평행하게 수평면에 대해 수직으로 위치한다.

각각의 평형반은 모세포라고 하는 평형수용기를 갖고 있다. 이들 모세포의 용모는 평형사

막 이라는 투명한 교원질 막속에 묻혀있다. 평형사막은 아주 작은 농도의 단백질과 평형사(otolith)라고 하는 탄산칼슘 물질을 가지고 있다. 이들 평형사가 중력의 작용을 받음에 따라 용모를 잡아 당기거나 누름으로서 모세포를 자극한다. 자극 받은 모세포들은 구심성 전정신경 중추경로를 통해 뇌에 머리와 인체의 위치에 관한 정보를 전달한다.

동적 신체 균형과 회전 운동에 대한 수용기는 삼반규반에 있다. 3개의 삼반규반은 서로 직각으로 교차되어 3면의 공간을 채운다.

각각의 반규관은 그 한쪽 끝에 팽창된 부위를 가지며 이를 팽대부(ampula)라고 하고 이 안에 팽대부능(crista ampularis)이라고 하는 감각 신경 상피가 모여 있다. 팽대부능은 구성과 모양이 평형반과 비슷하다. 모세포의 용모는 팽대부정이라고 하는 교원질 막에 묻혀 있으며 팽대부정은 팽대부를 향해 돌출되어 있다.

인체가 멈추거나 동작을 시작하거나 앞으로 또는 뒤로 가속도를 가지고 움직이거나 방향을 바꿀 때마다 내림프는 반규관을 따라 움직이고 내림프의 흐름은 팽대부정을 구부러지게 한다. 팽대부정이 구부러짐에 따라 팽대부능의 모세포가 자극을 받는다. 자극은 내림프의 흐름이 반규관의 평면과 일치할 때 최대가 된다. 자극 받은 모세포는 구심성 전정 신경 중추 경로를 통해 뇌에 신체가 얼마나 빨리 어떤 방향으로 움직이는가 하는 정보를 전달한다.

소뇌(cerebellum)는 평형유지, 근육 상태의 조절 및 수의근 운동의 조절과 관계가 있어 사고나 질병으로 손상되면 평형을 잃고 걸음걸이가 불안정하고 근육상태가 이완되는 등 수의 운동이 부정확하게 된다. 소뇌는 다음과 같은 4가지의 중요한 작용을 한다.

(1) 평형과 자세의 정밀조정

소뇌는 내이 전정으로부터의 구심흥분을 예민하게 받아들여 평형이 기울어짐을 먼저 알아몸이 넘어지지 않게 한다. 전정흥분에 의한 평

행반사의 정밀조정은 주로 편엽소절엽 특히 총부소절이 담당한다. 총부소절은 내이 전정에서 직접 혹은 전정 신경핵을 거쳐 오는 구심흥분을 받아 원심흥분을 전정 신경핵과 망상체에 보낸다.

(2) 근긴장의 조정

소뇌는 신전 반사에 영향을 미칠 뿐아니라 전신의 근긴장을 조정한다. 소뇌 전엽 총부피질이 자극되면 일반적으로 신근 긴장도가 높아지고 골근 긴장도는 낮아진다. 그리고 자극이 끝나면 긴장도의 분포는 반전되는 일이 많다. 소뇌 전엽은 이렇듯 길항 기전을 동원하여 긴장도를 조정하는 것으로 보인다.

(3) 수의 운동의 정밀조정

손을 어느 지점에 정확히 가져다 놓으려면 순간마다 손이 목표지점과 얼마나 떨어져 있으며, 어떤 속도로 어느 방향을 향하고 있는가를 알아야 한다. 그리하여 운동은 시시각각 조정되어야 한다. 근운동이 시작되면 운동 상황은 대뇌피질에 전달 되지만 대뇌피질로 향하는 구심흥분의 전도 속도는 제한 되어 있다.

도중 시냅스가 두 개 이상이어서 운동이 빨라지면 감각정보가 실제로 진행되는 운동상황보다 뒤늦을 수 있어 매우 빠른 운동에서는 대뇌피질이 운동 상황을 조정하기가 어려워진다. 그리고 팔 다리가 움직일 때, 관성이 있으므로 목적한 지점에 정지하려면 이 관성을 적당할 시기에 막아 주어야 한다. 즉, 미래의 어떤 시점에서의 운동상황을 미리 예측해야 한다. 이러한 예측없이 운동이 빠르게 진행될 때, 팔이 목적지점에 도달한 것이 대뇌 피질에 알려지고 관성을 막는 원심흥분이 팔에 전달될 즈음 팔은 이미 목적지점을 지나칠 수 있다. 소뇌는 이러한 예측을 가능케 함으로써 수의운동을 조절한다. 척수소뇌로 구심섬유는 신경섬유 중에서 가장 굵다. 흥분 전도속도가 130 m/sec이며, 말초에서 소뇌피질에 이르는 사이 시냅스는 단 하나이다. 배측 척수로의 경우 흥분이

말초에서 소뇌피질에 이르는 데 40-10 msec가 소요된다. 그러므로 소뇌는 빠른 운동에서도 그 경과를 날날이 추적하여 이를 토대로 미래의 어느 순간의 위치와 속도와 방향을 예측하는 듯 하다. 이리하여 운동중 신체 부분이 목적지점에 도달하기 전에 동근을 억제하고 길항근을 작동시켜 목적지점에 정확히 도달 하게 한다.

소뇌는 수의운동 시동에도 관여한다. 근활동의 시동을 촉진 시키고 수축력을 강화하여 운동을 신속히 할 수 있게 하는 것은 소뇌의 중요한 기능의 하나이다. 목적지점을 향하여 신속히 움직이는 팔의 동근과 길항근 활동을 관찰하면, 동근은 운동의 첫 순간부터 아주 강한 수축을 계속하다가 목적 지점에 도달하기 직전 급히 억제 되고 길항근은 강력히 수축한다. 운동이 빠르고 관성이 클수록 이같은 제동이 걸어지는 시기가 이른다. 이렇듯 소뇌는 일반적으로 운동초기에 동근의 활동을 촉진시키고, 목적지점에 이르기 직전에 제동한다.

(4) 소뇌의 되먹임

대뇌의 의도된 흥분은 대뇌피질에서 추체로와 추체외로를 거쳐 수의근에 전달되는데, 이때 일부 흥분은 뇌교를 거쳐 소뇌반구와 총부피질 방정중소엽 등에 널리 투사된다. 그러므로 수의근이 의도된 흥분파를 받음은 물론 소뇌도 이에 관한 정보를 입수 한다. 또 소뇌의 총부피질과 방추부피질은 척수소뇌로를 거쳐 근운동의 진행 상황에 관한 정보도 입수한다. 그리하여 운동기로부터의 구심흥분과 대뇌피질로부터의 원심흥분이 같은 소뇌기구에 폭주됨으로써 실제로 경과하는 운동상황이 소뇌에서 비교 분석된다.

한편 소뇌반구와 방정중소엽에서 시발된 원심흥분은 치상핵과 시상 외복측핵을 거쳐 대뇌피질에 되먹여진다. 이들 연락 상황은 자동조절기구의 되먹임회로를 연상하게 한다.

근육이 수동적으로 또는 능동적으로 늘어나면 근방추의 흥분으로 신전반사가 일어나지만

자극이 너무 크며 골지건기관이 흥분하여 길어지기 반응이 일어나 오히려 신전반사가 억제된다. 예를 들어 뇌손상을 받은 환자의 무릎을 힘껏 구부려 보면 처음에는 잘 구부려 지지 않지만 조금 시간이 지나면 불안간 확 구부러지는 것을 알 수 있다. 이러한 현상을 접칼현상(clasp knife effect)이라고 한다. 이러한 이유는 골지건기관은 근육보다 신전성이 낮은 것에 있으므로 흥분의 역치가 비교적 높지만 근육의 양끝이 고정된 상태에서는 근육이 수축할 때 아주 예민해 지기 때문이다.

<양성 지지반응과 음성 지지반응>

신전반사는 체중을 지탱하는데 있어 가장 중요한 반사이지만 이들 항중력근의 긴장성 수축만으로는 다리가 장승처럼 고정될 뿐 몸을 지탱 하기에는 부족하다. 그러므로 다리 신근, 굴근, 내전근, 외전근 등 길항근들이 동시에 긴장성으로 수축해야 한다. 이들의 동시 수축은 근육의 고유 수용기인 피부 외수용기에서 시작되는 국소적 반사에 의존한다. 땅을 디디면 체중으로 발가락 등에서 굴근들이 늘어나며 발바닥 살갓에 의해서 압력이 가해지므로 굴근의 고유수용기, 피부 심층 압력수용기도 흥분한다. 이것이 국소적 반사를 일으켜 다리의 여러 관절의 굴근과 신근이 동시에 긴장성으로 수축하고 관절이 고정되며 다리가 기둥처럼 굳어진다. 이를 양성 지지반응이라 한다.

그러나 발을 땅에서 떼면 발바닥 피부의 외감수기와 발가락 근육의 고유 수용기에 대한 자극이 없어지고 발가락과 발목을 발동쪽으로 굴곡 시키던 근육들이 늘어나면서 그 고유 수용기로 부터의 구심흥분은 앞서 일어났던 양성 지지반응은 사라지게 하고 대신 다리가 굴곡되는 음성지지 반응을 일으키게 한다. 그런데 소뇌 제거 후에는 이 지지반응이 과장되어 나타난다. 이때에는 피부 압력감수기에서 시작되는 반응이 잘 나타나며 굴곡한 다리의 발바닥을 손가락으로 가볍게 누르면 다리가 퍼지는데 손

가락을 서서히 후퇴시키면 다리가 마치 손가락이 자석이나 되는 것처럼 물러가는 손가락을 따라 뺨쳐지므로 자석반응(magnetic reaction)이라 부른다. 이들 지지반응은 제뇌동물에서도 볼 수 있고 척수동물에서는 발바닥이 압박될 때 양성지지반응의 부분 반응으로 신근반발(extensor thrust)형태로 나타난다.

Ⅲ. 평형 반응의 유형

평형 반응(equilibrium reaction)은 신체의 중심(center of gravity)을 유지 또는 조절하는 자동 반응(automatic reaction)으로 다음과 같은 3조건에서 반응이 나타난다.

- | |
|--|
| <p>1) 보호 신전 반응(protective extension reaction)
신체의 중심이 전위되었을 때 일어나는 반응이다.</p> <p>2) 기울임 반응(tilting reaction)
지탱면이 기울어짐으로 인하여 신체의 중심이 전위되어 일어나는 반응이다.</p> <p>3) 자세 고정 반응(postural fixation reaction)
이 반응은 신체에 작용하는 어떤 외력과 순간적인 활동에 적응하는 자세로서 전체 또는 신체의 개개의 부분(-머리-몸통 사지)을 자동적으로 지탱하며 균형을 유지하는 반응이다.</p> |
|--|

1) 보호신전반응(protective extension reaction)

보호신전반응은 신체가 수평이나 대각선으로 전위될 때 신체를 보호하기 위한 반응으로 나타나는 반응이다(Martin, 1967). 이 반응은 신체가 넘어지게 되는 것을 자동적으로 보호하기 위한 것이다. 보호 신전 반응은 신체의 중심이 전위 되었을 때 위해로부터 몸을 보호한다. 그러므로 이 반사는 평생 지속된다.

문헌상 보호반응은 파라슈트반응(Milani-Com-

paretti, 1967 ; Paine 1964), 보호 신전반응 (Milani-Comparetti, 1967 ; Bobath, 1967), 버팀목 반응(propping reaction, Andre-Thomas, 1960), 낙하반사(precipitation reflexes, Andre-Thomas, 1960)라고도 한다.

중심이 전방으로 전위될 때 나타나는 반사는 전방 보호신전반응이라고 하며 측방으로 전위될 때 나타나는 반사는 측방 보호신전반응, 후방으로 전위될 때 나타나는 반사는 후방 보호신전반응이라고 한다. 이 반응은 전방, 측방, 후방의 순서로 나타난다. 보호 신전반응을 이해하려면 편위상 상지와 하지를 나누어 이해하는 것이 좋다.

(1) 상지에서 나타나는 보호신전반응

상지에 나타나는 보호신전반응은 신체 전위에 따라 전방, 측방, 후방의 세 방향에 따른 보호신전반응이 유발된다.

① 전방 보호신전반응(protective extension reaction forward)

전방 보호신전반응은 6-7개월경에 시작되며 이것은 상지를 전방으로 뻗칠 수 있고 체중 부하를 하는 시기와 일치된다(Bobath, 1967). 이 반응이 소실된 아이는 엎드려 누운자세에서 팔꿈치를 펴서 몸을 지탱할 수가 없다.

체중 부하반응(weight bearing reaction) 또는 지탱반응(supporting reaction)은 신전반응(protective reaction)의 발달이 선행되어야 한다. 그러나 Bobath(1967)는 영아가 양팔로 지탱하여 앉기 위해서는 전방 보호반응(protective reaction forward)이 선행되어야 한다고 하였다. Milani-Comparetti(1967)는 이러한 전방 보호반응은 네발지탱(four point kneeling)을 달성하는데 필요하다고 하였다.

다시 요약해 보면 전방 보호반응은 (1) 엎드려 누운자세(prone)에서 양팔을 펴서 지탱하기 위하여 (2) 양팔을 지탱하여 앉기 위하여 (3) 네발기기에 달성하기 위하여 필요한 것이다. 보호신전반응은 양성지반응이 확립 되지 않으면

발달되지 않을 것이다.

전방 보호신전반응을 테스트 하려면 어린이를 엎드려 눕힌 자세에서 양쪽 겨드랑이를 잡고 수평으로 들어올린 다음 테이블 위를 향하여 머리를 앞으로 숙인다. 이때 견관절 굴곡(shoulder flexion)과 주관절 신전(elbow extension)이 되는지 안되는지를 살펴본다. 반응은 주관절 신전(elbow extension)과 견관절 굴곡(shoulder flexion), 수지 신전(finger extension) 수지 외전(finger abduction)으로 나타난다. 일단 양 팔꿈치를 펴서 양손이 지면에 닿게되면 상지의 양성 지지 반응은 마치 어린이가 양팔을 펴서 자신을 지탱하는 것처럼 나타나는 것을 관찰할 수 있다.

전방 보호신전반응은 앉은 자세나 무릎꿇고 선자세에서도 테스트 할 수 있다. 몸의 중심이 전방으로 전위되면 보호 평행반응의 두번째 그룹은 보호 신전 반응으로 견관절 굴곡과 주관절 신전이 되는 것을 관찰해 볼 수 있다. 검사자는 전방 보호신전반응을 테스트하여 팔과 다리의 반응에 대한 차이를 관찰하면 미세한 비대칭도 쉽게 알아 볼수 있게 될 것이다.

② 측방 보호신전반응(protective extension reaction sideward)

측방 보호신전반응이 나타나는 시기는 보통 7개월이다. 이 반응은 그 이름이 뜻하는 것처럼 어린이나 어른이 옆으로 넘어지려고 할 때 자신을 보호하기 위한 반응으로 나타난다.

측방 보호신전반응은 아기가 처음으로 앉은 것을 배울 때 전방 보호신전반응과 협력하여 행동이 나타나는 것을 쉽게 볼 수 있다. 측방 보호신전반응은 성인에서도 쉽게 나타나는 것을 볼 수 있다.

성인의 한쪽 어깨를 별안간 옆으로 밀어 균형을 잃어버리게 하면 반대측 팔은 벌리게 되고 팔꿈치는 펴게 되며 손은 벌리게 될 것이다. 즉 측방 보호신전반응은 지면에 닿자마자 양성 지지반응이 뒤따라 나타나게 된다.

③ 후방 보호신전반응(protective extension reaction postward)

후방 보호신전반응은 상지의 마지막 보호신전반응으로 9-10개월에 나타나며 중심이 후방으로 전위 되었을 때 뒤로 넘어지는 것을 보호하려고 나타나는 반응이다.

Bobath(1967)는 보호 신전반응의 세 가지 반응이 모두 나타나야만 신체의 축을 따라 회전할 수 있고 앉은 자세에서의 균형(sitting balance)을 잘 유지할 수 있다고 하였다. 그러한 시기는 9-10개월이 되어야 가능하다.

후방 보호신전반응을 테스트 하려면 어린이에게 다리를 벌려 양반 다리처럼 하여 앉게 한 다음 아기를 뒤로 밀어 균형을 깨뜨려 중심이 후방으로 전위되도록 한다. 이에 따른 반응은 양팔을 뒤로 펴는 것으로 나타나게 된다.

요약하면 이 세 가지 보호신전반응은 앉은 자세에서 균형을 유지하고 체중을 지탱하는데 필요한 반응이다.

전방 보호신전반응과 측방 보호신전반응은 팔을 지탱하지 않고 앉을 수 있게 하는데 필요하며 이 세 가지 반응은 모두 신체축에 대한 몸의 회전과 넘어지지 않고 앉을 수 있게 하는데 필요한 반응이다. 더욱이 이러한 보호신전반응은 양성지지 반응과 함께 작용하며 어린이나 성인을 바로누운 자세(supine), 엎드려 누운 자세(prone) 그리고 앉은 자세(sitting)에서 체중을 받치도록 허용하며 양손과 양무릎으로 기어다닐 수 있게 한다. 어린이나 성인에게 이러한 반응이 나타나지 않는다면 균형을 잘 이룰 수 있는 어떠한 동작도 취하기가 매우 어려울 것이다. 이러한 보호신전반응이 지연되어 있거나 달성되지 못했다면 일반적으로 중추신경계(CNS)가 억압(depression) 되어 있다는 것을 의미하는 것이며 동작이 비대칭적으로 나타나면 뇌의 어느 한쪽이 손상되어 있거나 말초신경이 손상 되어 있다는 것을 의미한다. 성인에 있어서 넘어질 때 상지의 보호 신전반응이 나타나지 않는다면 넘어지는 신체를 받쳐주지 못하므로 크게 다칠 위험이 있다. 전방으로

넘어지게 되면 어깨는 자연스럽게 앞으로 올리게 되고, 팔꿈치는 펴게 되어 신체를 지탱할 준비를 하게된다. 콜레스 골절, 주관절 아탈구, 쇄골골절은 전방 보호신전반응과 측방 보호신전반응이 넘어지는 순간 자동적으로 일어 나게 되지만 부적절한 보호신전반응으로 인하여 발생되는 것이다. 또한 후방 보호 신전반응은 뒤로 넘어지게 될 때 자동적으로 팔을 뒤로 뻗어 지탱하게 되지만 이 때에도 역시 부적절한 후방 보호신전반응의 결과로 인하여 전방 회전근개 단열(anterior rotator cuff tear)을 초래할 수 있다. 이러한 사실은 넘어지기 쉬운 하반신 마비환자 또는 노인들에게 적절히 넘어지는 방법을 가르쳐 줄 필요성이 있다는 것을 의미한다.

(2) 하지에서 나타나는 보호신전반응

하지에서 볼 수 있는 가장 명백한 보호신전반응으로 나타나는 동작은 균형을 잃어버린 신체를 보호하려고 무릎을 펴는 것이다.

하지의 보호 신전반응은 세 그룹으로 나뉘며 다음과 같다.

① 하방 보호신전반응(protective extension reaction downward)

하방 보호신전 반응은 4개월경에 나타난다. 이것은 상지의 전방 보호신전반응 전에 나타나며 발달상 제일 먼저 성취되는 보호신전반응이기도 하다.

어린이를 수직으로 들어올린 다음 빠르게 양발을 지면을 향하여 닿게 하면 제일 먼저 유의해 볼수 있는 동작은 재빨리 무릎을 펴는 동작으로 나타나는 것이다. 정상아는 고관절 외전외회전, 족관절 배굴, 슬관절 신전을 나타낸다. 그러나 하지가 경련성인 어린이는 정상과는 반대로 슬관절 신전, 고관절 내전과 내회전 외전, 족관절 저굴을 나타내게 된다.

② 보호 엇갈림 반응(protective staggering reaction)

하지의 엇갈림반응은 15-18개월에 시작되어 일생동안 지속되는 것으로 신체가 수평으로 전위되었을 때 똑바른 자세를 유지하려는 반응이다.

어린아이는 걸음마를 배울 때 엇갈림 반응이 나타나지 않아 자주 넘어지게 된다. 이 때는 상지의 보호 반응이 보호해 줄 것이다. 어린아이는 12-15개월에 걷게 되므로 엇갈림 반응은 그 이후인 15-18개월에 나타난다고 생각하면 기억하기 쉬운 것이다.

서있는 사람을 전방으로 갑자기 떠밀면 한발 짝 또는 그 이상 발을 앞으로 내딛어 균형을 취하는 것을 볼 수 있을 것이다. 뒤로 밀치면 발 짝은 뒤로 떼게 될 것이다. 그러나 옆으로 밀면 약간 다른 점을 발견하게 될 것이다. 약간 밀면 한발 짝을 떼어 옆으로 벌리겠지만 좀 더 강하게 밀치면 밀친쪽의 다리는 반대측 다리 쪽을 가로질러 균형을 취하면서 발을 던지게 될 것이다. 이 반응을 엇갈림 반응이라는 용어를 사용한다.

엇갈림 반응이 발달되지 않은 또는 완전하지 않은 어린아이나 성인은 혼자서 보행 하는데 있어 안전하지 못하다. 왜냐하면 어떠한 중심의 변화가 측면으로 일어나게 되면 균형을 잃고 넘어지게 되기 때문이다. 이때 만일 상지의 보호신전반응이 나타나지 않는다면 신체의 손상으로부터 자신을 보호할 수 없을 것이며 따라서 문제는 더욱 심각해지게 될 것이다.

③ 보호 이동반응(protective shifting reaction)

하지에서 관찰 할 수 있는 세번째 보호 신전 반응은 시-소반응(see-saw reaction) 또는 Schunkel reflex라고 불리우는 이동반응(shifting reaction)이다. 이 반응이 나타나는 시기는 엇갈림 반응이 나타나는 시기인 15-18개월경이다.

어린아이나 성인을 세운 상태에서 한쪽 팔다리를 잡고 무릎과 고관절을 구부린다. 그다음 구부린 다리쪽으로 팔을 잡아 당긴다. 구부린 다리는 넘어지지 않으려고 신전 외전을 취하게

될 것이다.

이동 반응은 몸의 균형을 잃게 되면 대상작용을 할 뿐 아니라 측방 엇갈림 반응을 촉진(facilitatio)시키기 위해서도 이용할 수 있다.

Fiorentino(1973)는 하지에서 나타나는 양감질반응(hopping reaction)을 설명하였다. 선 자세를 취하고 있을 때 한쪽 다리를 들어올리게 하고 반대측 방향으로 밀어 균형을 잃게 하면 잃어버린 균형을 되찾기 위하여 딛고 있던 다리를 이리저리 움직여 균형을 잡으며 다시 딛게 될 것이다. 이러한 반응을 양감질 반응 또는 토끼뿔 반응이라고 한다. 하지에 나타나는 반응에는 엇갈림 반응과 이동반응(shifting reaction) 외에 양감질반응(hopping reaction)이 있다.

이러한 반응들은 학자에 따라 통합되는 레벨의 위치를 다르게 주장하고 있다.

Easton(1972)은 중뇌 레벨(mid brain level); Martin(1967)은 기저부(basal ganglia); Twitchell(1965)은 뇌간 레벨(brain stem level)과 피질 레벨(cortical level)의 일부라고 주장하고 있다. 특히 Fiorentino(1963)는 하지의 보호반응(protective reaction)은 피질 레벨(cortical level)에서 중재한다고 믿고 있다.

2) 기울임반응(Tilting reaction)

평형반응의 두번째 부류는 기울임반응이다. 이 반사는 지탱면(supporting base)이 기울어짐으로 인하여 신체의 중심이 전위되어 일어나는 반응이다. 기울임 반응은 지탱면의 불안정한 상태에서 신체의 균형을 유지하려고 하는 자동반응(automatic reaction)이다(Martin,1967). 다시 말하면 언제든지 지탱면이 불안정한 상태에서는 이 반응이 일어난다는 것을 의미하는 것이다. 그러므로 이러한 반응을 검사하기 위해서는 지지면을 불안정한 상태로 만들 필요가 있다.

어린아이나 성인을 기울임판(tilting board) 위에 엎드려 눕혀 놓거나 바로 눕혀 놓거나 앉혀 놓거나 세워 놓고 옆으로 뒤로 또는 앞으로 기울인다. 만일, 기울임판을 우측 하방으로 기울

이게 되면 몸은 우측으로 기울어져 몸의 위쪽은 휘어지게(concave) 된다. 이와 같이 처음에 나타나는 척추의 커브는 미로 반응(labyrinthine response)으로 나타나게 된다. 뿐만 아니라 머리를 상방으로 돌리면 그쪽의 팔다리는 옆으로 벌려서 빨는 이차적 고유 수용성 반응(secondary proprioceptive response)이 나타난다. 따라서, 몸통의 커브는 기울임 반응으로 나타나는 것이며 머리의 회전과 사지의 신전과 외전은 고유 수용성 반응(proprioceptive response)으로 나타나는 것이다.

Hyman(1945)은 지탱면의 기울임과 속도에 따른 반응의 차이에 대하여서 언급하였다. 빠른 기울임의 자극은 단지 미로(labyrinthine)만 자극하는 반면에 서서히 기울임에 대한 자극은 미로 뿐만 아니라 고유수용성 반응도 자극하게 된다고 하였다. 시각(vision)은 고유 수용기에 더하여 기울임 반응의 역할을 하며 전정기구(vestibular apparatus)의 역할도 한다. 시각은 눈가리개로 간단히 차단 시킬 수 있다. 전정기능(vestibular function)이 결여된 어린이나 어른 또는 미로기능에 영향을 미치는 중추 신경계(CNS)의 병변을 가진 사람은 정상적인 시각과 안정된 지지면이 마련되어 있어도 약간의 자세성 장애(postural disability)를 나타내게 될 것이다. 그와 같은 사람은 지지면이 불안정할 때는 좀더 진보된 그리고 상급의 보호 반응을 사용하여 자신을 보호해야만 할 것이다.

만일 검사자가 전정기관과 고유 수용성 반응이 온전한(intact) 사람을 기울임 반응이 일어날 정도의 자극을 넘어 밀치게 되면 균형을 취하기 위하여 좀더 진보된 보호반응(advanced protective reaction)이 작용하는 것을 볼 수 있을 것이다.

널판지의 한쪽 끝에 어린이를 앉혀놓고 반대측을 천천히 15-20 cm 정도 들어올리면 어린이의 몸의 중심은 널판지를 들어올린 쪽으로 쏠리게 되어 척추는 그쪽으로 휘어지게 될 것이다. 그러나 계속 널판지를 위로 들어올리면 어린이의 팔과 다리는 올린 쪽으로 견관절과 고관절을 벌리게(shoulder & hip abduction) 될

것이다. 그러나 널판지 끝을 30-40 cm 높이로 빨리 치켜 올리면 어린이는 균형을 잃어버리게 되어 몸이 휘어진 쪽의 반대측 팔도 주관절 신전(elbow extension)과 견관절 외전(shoulder abduction)을 나타내게 될 것이다. 이러한 반응을 보호균형반응(protective equilibrium reaction)이라고 한다.

기울임반응은 발달단계에 따라 차례 차례로 나타난다. 엎드려 누운 자세에서의 반응은 5개월에, 바로 누운 자세에서의 반응은 7-8개월에 앉은 자세에서의 반응은 7-8개월에, 네발 기기 자세에서의 반응은 9-12개월에, 선 자세에서의 반응은 12-21개월에 나타난다. 이 모든 것은 평생 지속된다(Milani-Comparetti, 1967).

Milani-Comparetti(1967)는 엎드려 누운 자세에서의 초기 기울임반응(incipient prone tilting reaction)은 엎드려 누운 자세에서 신전된 팔에 체중부하를 하는데 필요하다고 하였다. 이러한 반응은 5개월 경에 나타나며 엎드려 누운 자세에서 양팔을 펴서 체중부하를 하는 것으로 알 수 있다.

엎드려 누운 자세와 바로 누운 자세에서의 완전한 기울임 반응이 나타나고 앉은 자세에서의 기울임 반응이 시작되어야만 어린이가 손바닥으로 지탱 하지 않고도 앉을 수 있게 된다(Milani-Comparetti, 1967; Molnar, 1974; Bobath; 1954). 그러므로 7-8개월이 되어야 지탱하지 않고도 앉을 수 있다. 즉, 7-8개월이 되어 앉을 수 있는 아기는 엎드려 누운 자세에서나 바로 누운 자세에서 완전한 기울임반응이 나타날 수 있고 앉은 자세에서의 초기의 기울임반응도 가능하다는 것을 알 수 있다. 네발 기기(crawling)를 하기 위해서는 앉은 자세에서의 완전한 기울임반응이 필요하며 네발 기기에서의 초기 기울임반응(incipient tilting reaction)이 요구 된다.

서기(standing)와 걷기(walking)를 위해서는 네발 기기에서의 완전한 기울임반응(full tilting reaction)과 서기에서의 초기 기울임반응이 요구된다(Milani-Comparetti, 1967; Molnar, 1974). 그러므

로 특별한 발달 자세(specific developmental position)에서 초기의 기움입 반응이나 기움입 반응의 시작은 운동발달 이정표(motor milestone)를 획득하기 위하여 필요하며 반면에 완전한 기움입 반응이 획득되는 것은 어린이가 그 단계를 넘어 진보된 발달 단계에 이르러야만 가능하다(Bobath, 1954).

기움입반응은 대뇌피질(cerebral cortex)에서 통합된다(Fiorentino, 1963).

3) 자세고정반응

평형반응의 세번째 타일은 자세고정반응(postural fixation reaction)이다. 이 반응은 신체에 작용하는 어떤 외력과 순간적인 활동에 충당하는 자세로서 전체 또는 개개의 부분(-머리-몸통-사지)을 자동적으로 지탱하며 균형을 유지하는 반응이다(martin, 1967). 기움입반응처럼 자세고정반응은 발달 순서에 따라 차례로 연속적으로 나타나며(prone, supine, sitting, all fours, standing) 일생동안 지속된다.

평형반응인 보호신전반응, 기움입반응, 자세고정반응은 중심의 변화에 따라 반응한다.

자세고정반응은 기움입반응과 유사하다. 다만 전자는 수의적인 활동(voluntary activity) 또는 신체에 외부의 힘이 가해졌을 때 나타나는 것이며 후자는 지탱면을 기울여 중심의 변화를 주었을 때 나타난다는 것이 다를 뿐이다.

농구를 할 때를 예를 들어 보면 기저면은 수평인 상태이지만 자세고정반응을 볼 수 있을 것이다. B선수가 A선수에게 부딪혔을 때 B선수 힘이 외력으로 작용하여 A선수는 중심을 잃게 되겠지만 곧바로 중심을 잡을 수 있을 것이다. 이 때 나타나는 반응이 자세고정반응이다. 만일 심판이 이러한 반응을 보았다면 휘슬을 불어 선수 B에게 파울을 선언하였을 것이다.

따라서 어린이나 어른에게 자세고정반응에 대한 테스트를 하려면 수의적인 활동을 제공하거나 외력을 가해야 한다. 이 때 나타나는 반응은 기움입반응과 마찬가지로 외부의 힘이 향

하는 쪽으로 척추는 휘어지게 되며 힘이 가해지는 쪽으로 팔다리는 퍼지고 벌어지게 된다. 만일 힘을 아주 강하게 주어 밀치게 되면 자세고정은 불가능해져서 균형을 잡기가 어렵게 되며, 이 때는 보호신전반응이 나타나게 된다.

자세고정반응을 테스트 하려면 팔다리를 벌리고 엎드려 누워있는 아기에게 힘을 가한다. 아기의 한쪽 어깨를 밀면 반대측 팔은 뻗뻗하게 되고 미는쪽의 팔다리는 뻗치게 되고 벌어지게(extension and abduction)된다.

어린이나 성인도 앉아 있는 자세에서 수의적인 활동을 통하여 명확한 검사를 시행할 수 있으며 관찰할 수 있다. 앉아 있는 아기의 몸 오른쪽에 힘을 가하면 왼쪽으로 넘어지지 않으려고 몸을 오른쪽으로 향하여 힘을 주게 되기 때문에 몸은 오른쪽으로 휘게 된다. 이번에는 힘을 뒤에서 가하면 아기는 몸을 뒤로 젖혀 몸을 앞으로 굽혀지게 될 것이다.

만일 어린이나 어른을 앉은 자세에서 허리신전근(back extensor)을 촉진(facilitation)시키려면 중심을 전방으로 전위시키면 될 것이다.

평형반응은 개개인의 신경근(neuromuscular)의 상태 뿐아니라 발달 상태를 평가 하는데도 사용되며 치료방법으로도 사용된다는 개념을 갖고 있어야 한다.

어린이가 앉기, 기기, 서기, 걷기와 같은 운동발달지표에 달성하려면 평형반응은 어떠한 자세에서든지 유지할 수 있어야만 가능하다. 이 검사는 간단히 어린이가 어떻게 움직이는지를 관찰하여 또는 힘을 가하여 실시해야 한다.

기어다닐 수 있는 어린이를 관찰 할 때는 원시 반사를 기대하지 말고 완전히 발달된 평형반응을 관찰해야 한다. 그리고 다른 자세에서와 마찬가지로 서있는 자세에서도 많은 수의적인 활동을 시도하도록 하여 똑바로 선 자세를 유지하기 위하여 자세 조정(postural adjustment)을 어떻게 하는지를 유의해 본다. 검사자는 전방, 후방, 측방으로 힘을 가하여 대상작용을 하는지를 살펴보아야 한다. 서 있을때 중심의 변화

에 대한 빠른 조절은 발목과 발에서 이루어진다. 이러한 발목과 발의 대상작용은 뒤꿈치 닿기(heel strike)가 정상 진행 형태(normal locomotion pattern)의 일부가 될 때인 2살 때에 잘 발달될 것이다(Gunsolus 1975). 신체 전방으로 미는 힘에 대한 반응은 족관절을 저굴(ankle plantar flexion)시키게 되며 후방으로 가해지는 힘은 발가락을 들어올리거나 족관절을 배굴(ankle dorsiflexion)시키게 된다. 족관절의 내번(ankle inversion)은 내측방향으로 쏠리는 힘에 대한 정상적인 반응이다. 반면에 외측방향으로 쏠리는 힘에 대한 반응으로는 외번(eversion)이 될 것이다.

평형반응이 지연되어 있거나 어떠한 결함이 있다면 모든 자세에서 균형을 유지하기 어려울 것이다. 따라서 모든 수의적인 운동이 어려울 것이다. 자세 고정반응은 대뇌피질에서 통합된다.

IV. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 평형반응에는 보호신전반응과 기울임반응 그리고 자세 고정반응이 있으며 이것은 신체의 동작에 따른 평형을 유지하는데 있어서 절대적으로 필요한 반응인 것이다. 이러한 반응을 올바르게 이해한다면 평형의 문제점에 대한 검사를 정확히 수행할 수 있으며 치료에도 이용하여 정상적인 반응을 유도하고 이끌어 내어 자동반응을 이용한 근력강화와 평형유지에도 절대적인 도움이 되리라 믿는다.

평형감각에 대한 신경생리학적 고찰과 반응의 유출방법, 출현시기 등을 살펴 보는 것은 임상에서 신경생리학적 운동 발달치료의 방법으로 운동치료를 실시하는데 있어 매우 유용한 이론적인 뒷받침이 되리라고 믿는다. 다만 여기에 기술된 것은 신경운동 발달에 관한 이론 중 일부에 불과하다는 점을 강조하고 싶다.

참고문헌

1. 김우겸 : 중추신경생리학, 생명의 이치, 1988.

2. 신문균 외 : 인체 해부학, 현문사, 1993.
 3. Andre-Thomas, Chesni Y., Saint-Anne Dargawwies S : The neurological examination of the infant. Clinics in Developmental Medicine, No.1. Spastics International Medical Publications. London, William Heinemann Medical Books Ltd., 1960.
 4. Bobath B : A study of abnormal postural reflex activities in patients with lesions of the central nervous system. Physiotherapy 40 : 259-280, 1954.
 5. Bobath B : The very early treatment of cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 9 : 373-390, 1967.
 6. Barnes MR, Crutchfield CA, Heriza CB : The neurophysiological basis of patient treatment. vol 2, Stokesville Publishing Co., 1982.
 7. Fiorentino MR : Reflex Testing methods for evaluating CNS development Springfield, Charles C Thomas, 1973.
 8. Gunsolus P, Welsh C, Houser C : Equilibrium reactions in the feet of children with spastic cerebral palsy and of normal children. Dev Med Child Neurol 17 : 580-591, 1975.
 9. Martin JP : The Basal Ganglia and Posture. Philadelphia, JB Lippincott Co., 1967.
 10. Milani-Comporetti A, Gidoni EA : Routine developmental examination in normal and retarded children. Dev Med Child Neurol 9 : 631-638, 1967.
 11. Molnar G : Motor deficit of retarded infants and young children. Arch Phys Med Reha 55 : 393-398, 1974.
 12. Paine RS : Evolution of postural reflexes in normal infants and in the presence of chronic brain syndromes. Neurology 14 :

1036-1048, 1964.

ther 45 : 411-418, 1965.

13. Twitchell TE : Attitudinal reflexes. Phys