

Dynamic Posturography의 임상적 응용

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실
고 의 경

Clinical Application of Dynamic Posturography

Eui Kyung Goh, M. D.

Department of Otolaryngology, College of Medicine,
Pusan National University

인간이 평형을 유지하기 위해서는 전정계, 시각계, 체성감각으로 부터의 구성성 정보가 뇌중추에서 통합 조절되어 안구와 사지의 운동 등에 관여하는 근육의 긴장을 반사적으로 조절함으로써 유지된다¹¹⁾.

그러나 우리가 현재 평형장애나 현훈 환자에 널리 이용하고 있는 전통적인 전정기능검사는 주로 안진을 이용하여 전정안운동계(vestibuloocular system)를 평가하게 되며 체성감각(somatosensation)이나 운동계(motor system)를 같이 평가할 만한 적당한 검사는 아직 없는 실정이다¹²⁾.

1986년 Nashner 등에 의하여 개발된 dynamic posturography는 시성, 체성, 미로성 자극을 조합하여, 시각계 및 운동계를 개별적 및 종합적으로 평형기능을 평가하는 전산화된 설비로, 근년에 이르러 종합적인 평형검사로 각광을 받고 있다^{3,4,9)}.

아직 국내에 도입되지 않고 있으나 금명간 도입이 기대되는 이 system과 증례를 간단히 소개하고, 그 임상적 응용에 대해서 기술하고자 한다.

개념적 기초

체평형의 가장 기본적인 역할은 신체의 무게중심(body's center of gravity, COG로 약함)의 위치가 항상 지지면 위에 오게 하는 것이다. 이 COG가 발의 중앙과 수직선상에 있을 때 가장 안정하며, 균형을 잡기 위해 수정하는 움직임이 거의 필요가 없게 되나, COG가 균형의 한계(limits of stability) 근처에 있을 때는 재빠른 수정이 필요하며 전도될 가능성(falling risk)도 증가 한다.(그림1 참조) COG가 균형의 한계내에 위치하도록 하기 위해서는 시각의 조절과 운동 조절이라는 두 과정이 필요하며, 그 첫째 과정이 지지면과 중력의 영향을 받는 COG의 위치를 시각을 통하여 결정하는 것이다. 이 과정은 시각, 전정계와 함께 피부, 근육, 관절 등에 위치하는 체성감각(somatosensation)에서의 세 가지 평형감각을 통합하여 조정하여야 한다. 이 때 두뇌는 정확한 시각의 혼동을 해결한다. 예를 들면 지지면이 움직일 때는 체성감각이 부정확하며, 시야에 움직이는 물체가 있으면 시각은 정확하지 않은 정보가 된다.

전정계의 평형감각은 모든 상황에서 시각이나 체성감각보다 우위에 있는 것은 아니다. 지지면과 시야가 안정할 때는 전정계보다는 오

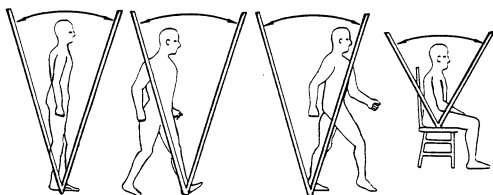


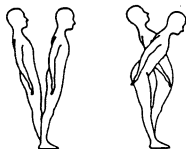
Fig. 1. Limits of stability in human balance

히려 시각과 체성각각이 평형과 주위환경에서의 orientation에 훨씬 예민하다. 체성각각은 body orientation의 빠른 변화에, 시각은 느린 변화에서 각각 더 예민하다.

직립한 자세에서 신체의 전이는 무의식적으로 다리와 몸통이 움직여 COG를 수정함으로써 유지된다. 이러한 자동자세반사(automatic postural response)는 자극이 가해진 후 120~150msec 내에 일어나며, 근육의 자기수용기(proprioception)의 지각에 의해 시작되고, 말초 지각 및 운동신경, 상행지각 및 하행운동척수로(spinal pathways), 뇌간 및 대뇌의 운동중추를 포함하는 long loop pathways가 관여한다. 전이가 전후 방향일때 양쪽 하지의 잠복기와 운동의 크기는 비슷하게 된다.

자동자세반사에서 나타나는 운동은 발목을 축으로 하여 몸이 움직이는 ankle strategy와 고관절을 축으로 하는 hip strategy로 구분할 수 있다(그림2). ankle strategy는 COG가 천천히 움직이며, 균형의 한계 내에 있고, 지지면이 발바닥의 길이보다 길때 효과적으로 사용되며, hip strategy는 고관절과 몸통의 움직임을 포함하며, 지지면이 짧고, COG가 빨리 움직여 균형의 한계에 도달할 때 효과적이다.

이렇게 두뇌는 조건에 따라 정확한 지각과 운동의 자동적인 선택에 의해 몸의 균형이 유지되므로 세가지 평형각각과 운동계를 동시에 평가함으로써 평형장애의 정확한 진단이 가능하다.



Ankle strategy

Hip strategy

Fig. 2. Principle strategies

장치 및 검사방법

그림3과 같이 이 설비의 외부 장치는 visual surround, 움직이는 발판(platform) 및 컴퓨터 장치로 구성되어 있다. visual surround는 움직일 수 있도록 되어 있어 마치 포장되지 않는 시골길을 버스가 달릴때 주변시야가 움직이는 것 같은 상황을 연출할 수 있으며, 이런 잘못된 부적절한 지각을 sway-reference(흔동)라고 한다^{8,11)}. 발판은 그림4와 같이 전후 방향 및 toes-up, toes-down 방향으로 움직일 수 있도록 되어 있다.

이 검사는 지각계를 평가하는 sensory organization test(이하 SOT로 약함) 및 운동계를 평가하는 motor control test(이하 MCT로 약함)로 구성되어 있다.

1) SOT

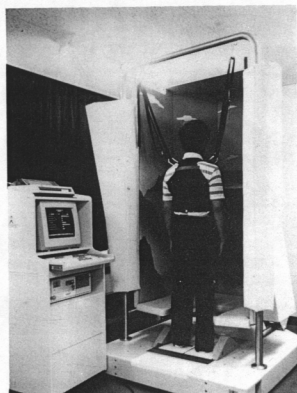


Fig. 3. Dynamic posturography

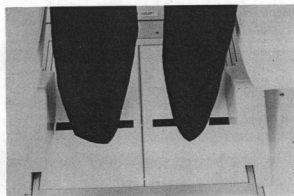
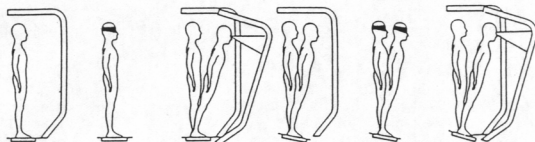


Fig. 4. Platform of the system



1. Normal V 2. Absent V 3. Ref V 4. Normal V 5. Absent V 6. Ref V
(1, 2, 3 : Fixed support) (4, 5, 6 : Referenced support)

Fig. 5. 6 conditions of the sensory organization tests
(V : vision, Ref : referenced)

SOT는 체성감각을 선택적으로 자극하기 위하여 발판의 움직임 여부와 시각계의 선택적 자극을 위해 개안, 폐안과 혼동시각(sway referenced vision, 즉 개안에서 visual surround가 움직이는 상황)을 조합하여 그림5와 같이 여섯 조건의 검사로 구성된다.

미로성 감각은 아직 이와 같이 다른 조건으로 구분하여 자극할 수는 없다.

검사1, 2, 3은 고정된 지지면에서 각각 정상시각, 폐안, 혼동시각으로 검사하여 평형의 유지에 정상시각이 필요한지와 부적절한 시각의 영향을 억제할 수 있는가를 검사한다. 검사4, 5, 6은 움직이는 지지면, 즉 체성감각의 혼동(sway referenced somatosensation)상황에서 다른 시각 조건으로 검사하여 비교하며, 검사5, 6은 시각과 체성감각의 혼동으로 정확한 전정계의 역할만을 검사할 수가 있다.

SOT는 표1과 같이 평형지수(equilibrium

Table 1. Parameters of dynamic posturography

- | |
|------------------------------|
| 1. Sensory organization test |
| 1) Equilibrium score |
| 2) Strategy score |
| 2. Motor control test |
| 1) Symmetries |
| 2) Latency |
| 3) Strength |
| 4) Strategy |
| 5) Adaptation |

score) 및 strategy score를 알기 위해 각 조건에서 1회에 20초씩 3회 실시한다. 평형지수란 전후 방향에서 족관절을 중심으로 평형을 유지할 수 있는 최대한계인 약 12.5도의 동요를 0점으로 설정하고, 완전한 평형이 유지되어 동요가 없을 때를 100점으로 하는 점수이며, strategy score는 그림2와 같이 기립 자세에서

평형을 유지하기 위한 운동에 이용되는 족관절과 고관절의 비율을 족관절만을 사용할 때를 100, 고관절만을 사용할 때를 0으로 하여 백분율로 나타낸 점수이다.

검사의 기록은 그림6과 같이 신체의 동요를 기록하고, 이것을 점수로 환산하여 미리 입력된 연령별 정상치와 함께 알기 쉽게 막대그래

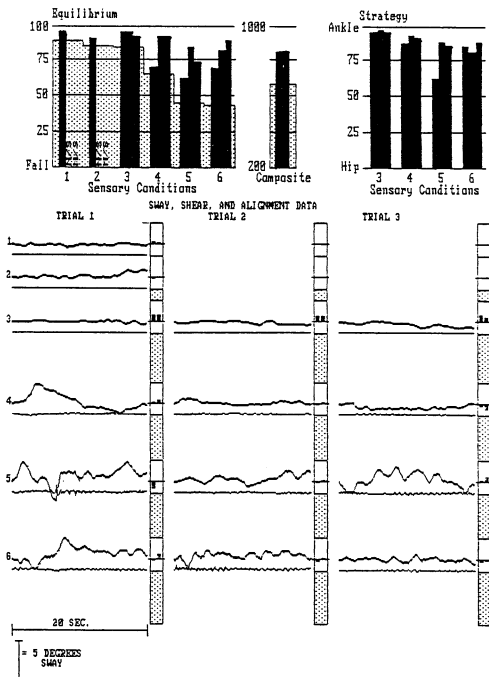


Fig. 6. Results of sensory organization tests of the case I

프로 출력된다.

2) MCT

MCT는 표2와 같이 발판의 움직이는 속도 및 시간에 따라 결정되는 발판의 움직임의 크기(size)와 발판의 전, 후 방향을 조합하여 역시 여섯 가지 검사로 되어 있으며, 적응도(adaptation)를 평가하기 위해 별도의 toes-up 5회, toes-down 5회의 검사를 시행한다.

이 검사는 정지 및 자세를 유지하기 위한 동작에서 양쪽 다리에 가해지는 힘의 symmetry, 그림7과 같이 발판이 움직이고 난 후 자세를 유지하기 위한 동작까지의 시간인 잠복기(latency), active force의 strength, 역시 strategy score 및 반복 상황에서의 적응의 정도를 나타내는 적응도 등의 항목을 알 수 있다.

Table 2. Methods of perturbations of platform in motor control test

1. Directions
Forward movement
Backward movement
2. Sizes
Small sized perturbation
; 5cm/sec for 300msec
Medium sized perturbation
; 10cm/sec for 300msec
Large sized perturbation
; 15cm/sec for 400msec



Fig. 7. Latency of the movement control test

임상적 적응

종래의 전정기능검사는 주로 안진울 통해

전정안운동계를 평가하고 체성감각이나 운동계의 평가는 훌측하게 평가하지 못하였다. caloric test 및 회전검사에서는 수평삼반규관의 기능만을 검사하며, 두위검사(positional test)에서는 중력의 영향과 관계된 수평 및 수직삼반규관을 검사하며, 중추성 현훈의 진단은 안운동의 이상이나 고시억제현상의 소실(failure of fixation suppression) 등에 의존할 수 밖에 없는 실정이다. Romberg 검사는 지각 및 운동계를 동시에 검사할 수 있지만 예민하지 못하며 장해부위를 결정할 수 없다¹⁰⁾. Dynamic posturography는 이러한 전통적인 전정기능검사가 보다 신체의 균형유지에 필요한 지각계와 운동계를 별개의 검사를 통해 검사하는 종합적인 균형 검사라 할 수 있다.

이 검사의 진단적 가치로서는 1) 말초성병변의 확정적인 자료를 제공하며, 2) 중추성병변과 전정계 이외의 병변(extravestibular disorders)에서 유일한 양성 검사가 될 수 있으며, 3) 평형장애에서 기질적 이외의 요소, 예를 들면 심리적 요인이나 증상의 파장등을 알 수 있고, 4) 기능장애(functional disability)의 객관적인 평가와 기록, 특히 노인들에서 falling risk를 알 수 있다는 점이다.

치료에는 1) 객관화된 자료를 통해 치료 효과를 판정할 수 있고, 2) 질병에 있어서 기능적인 이상을 정확한 평가를 통해 위험한 상황을 예측하고 치료의 목표를 설정할 수 있으며, 기계적인 반복 훈련을 통해 노인 환자에서 falling risk를 감소시킬 수 있다¹¹⁾.

본 검사가 적용되는 경우는 1) 만성 재발성 현훈, 2) 치유되지 않고 있는 전정신경염, 3) 수술전 평가, 4) 산재환자 및 법적인 문제, 5) 노인성 어지럼증, 6) 신경학적 증상, 7) 약물 치료에 반응이 없는 경우 등이며, 본 검사가 부적절한 경우는 1) 전정신경염 같은 급성 어지럼증 2) 발작 사이에 무증상기의 현훈, 3) 심한 정형외과적인 문제, 4) 심하게 쇠약되어 있을 때 등이다⁸⁾.

결과의 해석

SOT의 검사 결과 얻어진 평형점수는 신체의 균형을 유지하는데 시각계의 조절(sensory control)기능이 정상인지 여부를 판정하게 된다. 종합점수가 비정상이면 각 검사에서 점수의 차이를 비교하여 시각계의 이상의 형태를 표3과 같이 결정할 수 있다.

SOT의 이상은 말초 및 중추의 전정계의 장애를 의미하는 전정계장애(vestibular system abnormalities, 이하 VSA로 약함), 전정계 및 전정기 이외의 다른 기관(extra-vestibular system)의 복합된 장애를 의미하는 multisensory abnormalities(이하 MSA로 약함) 및 anxiety 및 증상의 과장 등을 뜻하는 physiologically inconsistent pattern 등으로 대별된다.^{6,8,11).}

VSA는 경험적으로 전정이상(vestibular dysfunction), vision preference 및 그 복합된 장애(combination)등으로 분류할 수 있는데, 전정계에서 얻어진 정보를 효과적으로 이용하지 못하는 전정이상(vestibular dysfunction)은 검

사 5와6, 혹은 5에서만 이상이 나타나며, 부정확한 시각 정보(visual information)의 영향을 효과적으로 억제하지 못하는 vision preference는 검사 3과 6 혹은 6에서만 이상이 나타나며, 검사3, 5, 6에서 이상이 있을 때는 전정 이상과 vision preference의 복합된 장애로 판정한다.^{6,8,11).}

MSA는 검사 4, 5, 6에 이상이 있을 때는 전정계와 시각계의 이상(vestibular and vision dysfunction)으로, 검사 2, 3, 5, 6에 이상이 있을 때는 전정계와 체성지각계의 이상(vestibular and somatosensory dysfunction)으로 판정할 수 있다.^{6,8,11).}

기립하고 있는 상태에서 발판을 움직여 하지 및 체간의 자세유지, 조절과 협조운동의 상태를 관찰하는 MCT는 정형외과적인 문제가 없을 때 그 이상은 자동자세반사계(automatic postural response system)의 long loop pathway의 이상으로 전정계 이외의 중추신경(ext-ravestibular CNS)의 이상을 강하게 시사한다.^{5,8,16,12).} 대표적인 것으로 잠복기가 연장되는 경우와 자세를 유지하는 양쪽 하지의 active force의 강도가 다른 경우(strength asymetries) 등이 있다.^{8,11).}

이렇게 얻어진 결과는 종래의 전정기능검사의 소견과 함께 감별진단에 도움을 줄 수 있다.^{8,11).}

Table 3. Interpretations of the results

1. Vestibular system abnormalities	vestibular dysfunction : abnormal score on test 5, 6 or 5 only vision preference : abnormal score on test 3, 6 or 6 only combination : abnormal score on test 3, 5, 6
2. Multisensory abnormalities	vestibular and vision dysfunction : abnormal score on test 4, 5, 6 vestibular and somatosensory dysfunction : abnormal score on test 2, 3, 5, 6
3. Physiologically inconsistent pattern	
4. Automatic postural response abnormalitis	prolonged latencies in MCT strength asymmetries in MCT

증 례

1) SOT

증례1은 건강한 23세 남자로서 SOT에서 종합점수 854점으로 정상범위 내에 있으며 개별 검사에 있어서도 검사1부터 검사6까지 전부 정상범위 내에 있다. 여기서 점으로 표시된 부분은 연령에 따른 비정상인 범위를 나타낸다(그림6).

증례2는 53세 여자로서 현훈을 동반한 돌발성 난청 환자이다. SOT에서 종합점수 557점으로

비정상 범위내에 있으며, 개별 검사에 있어서도 검사 5와 검사 6에서 비정상범위내에 있어 전형적인 전정이상(vestibular dysfunction)의 소견으로 말초성현훈을 나타내고 있다(그림8).

증례3은 59세 남자로 척수소뇌변성증 환자이다. SOT에서의 종합점수 194점으로 비정상 범위 내에 있으며 개별 검사에 있어서도 모든 검사에서 비정상 범위 내에 있어 중추성병변의 소견을 나타내고 있다(그림9).

strategy score에서는 증례1과 2는 대부분 80 점 이상으로 균형유지에 족관절을 잘 이용하고 있으나 증례3은 점수가 비교적 낮아 고관절을 많이 이용하고 있어 균형 유지에 불안정한 상태이다(그림6, 8, 9).

2) MCT

증례1, 2는 static symmetry, dynamic sym-

metry, 잠복기, amplitude, adaptation 및 strategy등 모든 항목에서 전부 정상범위 내에 있다.

증례3은 그림10과 같이 모든 검사에서 잠복기가 연장되어 있고, strength asymmetries 및 symmetry, adaptation, strategy에서도 이상을 나타내어 전형적인 자동위치반사의 이상 소견을 나타내고 있어 전정계 이외의 중추성병변(extravestibular CNS pathology)을 나타내고 있다.

맺는말

평형장해의 진단과 치료에 많은 도움을 줄 것으로 전망되는 Dynamic posturography는 1986년에 개발된지 불과 수년만에 외국, 특히 미

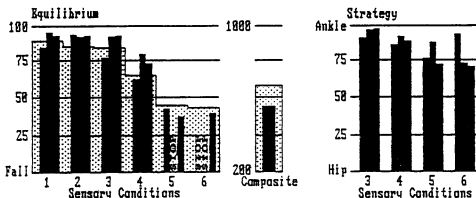


Fig. 8. Results of sensory organization tests of the case II

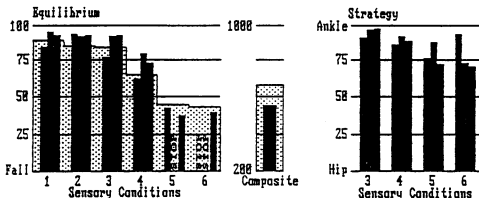


Fig. 9. Results of sensory organization tests of the case III

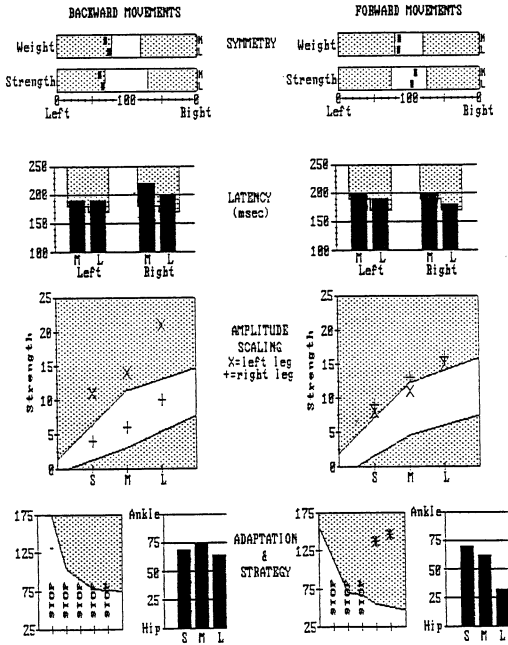


Fig. 10. Results of the motor control tests of the case III

국을 중심으로 급속도로 보급되고 있고, 국내에서는 고 등¹⁷⁾에 의해 문헌을 통하여 소개되기 시작하였으며, 금명간 도입이 기대되는 바이다. 이 장치의 원리와 임상적 적용에 대한 문헌적 고찰과 함께 증례를 소개하였다.

References

1. 고의경 : Equitest의 진단적 의의, 부산의 대학슬지 31 : 343~350, 1991.
2. Asai M, Watanabe Y, Ohashi N, et al : Clinical evaluation in differential diagnosis by the analysis of sensory and motor fuction. Pactica Otologica Kyoto Suppl 36 : 38~44, 1989.
3. Black FO, Nashner LM : Vestibulospinal

- control differences in patients with reduced versus distorted vestibular function. *Acta Otolaryngologica* 406 : 110~114, 1984.
- Black FO, Shupert CL, Horak FB, Nashner LM : Abnormal posture control associated with peripheral vestibular disorders. *Brain Res* 76 : 263~275, 1988.
 - Diener HC, Dichgans J, Bacher M, et al : Characteristic alterations of longloop "reflexes" in patients with Friedreich's disease and late atrophy of the cerebellar anterior lobe. *J of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 47 : 679~685, 1984.
 - Goebel JA, Paige GD : Dynamic posturography and calorics results in patients with and without vertigo. *Otolaryngol Head Neck Surg* 100 : 553~558, 1989.
 - Goh EK, Asai M, Mizukoshi K, et al : Clinical significance of latency in the movement coordination test by dynamic posturography, Abstracts of the Korea-Japan joint meeting of otorhinolaryngology-head and neck surgery, Korea, pp. 61, 1990.
 - Keim RJ, Dickens JRE, Nahner LM : Dynamic posturography : Fundamentals and clinical applications. AAO/HNS instruction course. California, pp. 1~22, 1990.
 - Nashner LM : Analysis of movement control in man using the movable platform. In motor control mechanism in health and disease. (ed. Desmedt JE), New York, Raven Press, pp. 607~633, 1983.
 - Nashner LM, Cordo PJ : Relation of automatic postural responses and reaction time voluntary movement of human leg muscles. *Exp Brain Res* 43 : 395~405, 1981.
 - Nashner LM, Peters JF : Dynamic posturography in diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurologic clinics* 8 : 331~349, 1990.
 - Voorhees RL : The role of dynamic posturography in neurootologic diagnosis. *Laryng* 99 : 995~1001, 1989.