

= 종 설 =

조절과 눈모음 및 눈모음이상

백혜정¹ · 임현택²

가천대학교 길병원 안과학교실¹, 울산대학교 의과대학 안과학교실²

목적: 조절과 눈모음은 동공수축과 더불어 근거리 주시 시 일어나는 근거리주시 복합운동의 중요한 요소로서 편안하고 완벽한 양안시를 위해서 필수적이며 중요한 눈운동이다. 이에 조절과 눈모음 이상 질환의 적절한 치료법을 알아보고자 한다.

대상과 방법: 조절과 눈모음의 기본이론을 알아보고 눈모음 이상질환의 종류 및 다양한 치료법에 대해 살펴보았다.

결과: 눈모음이상은 단순 눈모음부족, 조절기능이상과 동반된 눈모음부족, 눈모음 마비, 눈모음연축과 눈모음 과다 등으로 구분된다. 치료방법으로는 정확한 굴절검사를 통한 안경처방과 시기능 훈련 및 프리즘 처방 등의 비 수술적 치료법과 외직근에 대한 수술치료법 등이 있다.

결론: 조절과 눈모음이상의 치료를 위해서는 완전한 안검사를 통한 다양한 원인에 따른 효과적인 치료법의 선택이 필수적이다. 따라서 단순한 굴절검사와 시력교정용 안경처방이 아니라 다양한 원인질환을 찾는 것이 매우 중요하다. 이에 조절과 눈운동이상이 의심되는 경우에는 안과검사는 물론 타과의 협진을 통한 전체적이고 전문적인 진료와 그에 따른 적극적인 치료가 필요하다는 올바른 인식이 절실하다.

〈대한안과학회지 2012;53(12):1719-1726〉

조절(accommodation)은 눈에서 일어나는 역동적인 굴절력의 변화현상으로서 근거리 주시 시 선명한 상을 얻기 위한 필수적인 요소이며 눈모음(convergence) 역시 가까운 물체를 보기 위해 두 눈에서 동시에 일어나는 안쪽 방향으로의 이항운동으로서 근거리 주시 시의 필수적인 요소이다. 이처럼 근거리 주시 시에는 물체를 볼 때 선명한 망막 상을 얻고 양안시 상태를 유지하기 위해서는 굴절력의 적절한 변화와 눈 정렬 상태의 변화가 일어나야 한다. 이를 근거리주시 복합운동(near vision complex)이라 하며 조절과 눈모음과 동공수축으로 구성된다. 이 세 요소는 동시에 일어나는 하나의 반사운동이라기보다는 연합운동(synkinesis)으로 일어나는 것으로 근거리주시 연합운동이라고 불리기도 한다. 근거리주시 복합운동이 구체적으로 어떤 기전에 의해 일어나는지에 대해서는 아직 분명한 이론이 없는 상태이나 중뇌의 망상체(reticular formation)에 위치한 중추에서 통합 조절되어 에딩거-웨스트팔 신경핵(Edinger-Westphal Nucleus)으로 전달되고 다시 섬모체신경을 통하여 유발되는 것으로 추정되고 있다. 그러나 조절과 눈모음이 과연 어

떻게 연합되어 일어나는지, 축동과 눈모음이 어떻게 함께 일어나는지 그 구체적인 기전은 명확하게 설명되고 있지 못한 상태이며, 이 복합운동과정에 이항운동회로, 신속운동회로, 전정반사운동회로 등 다양한 눈운동신경회로가 함께 작용하는 것으로 추정하고 있다.^{1,2}

조절(accommodation)

조절의 기전은 물체가 눈가까이 접근함으로써 생겨난 망막의 흐릿한 이미지를 선명하게 보기 위해 수정체의 형태학적 변화를 일으킴으로써 눈의 굴절력을 변화시키는 과정으로서 이러한 수정체의 변화는 섬모체근의 수축에 의해 시작된다. 섬모체근이 수축하면 그에 따라 섬모체의 침착부가 전방과 내측으로 이동하게 되어 수정체 적도부를 둘러싼 섬모체소대의 긴장성이 이완됨으로써 수정체 중심부의 두께 증가(increase in axial thickness)와 만곡도의 증가(steeptening of curvatures)가 일어나 조절이 발생하게 된다. 반면 연령의 증가에 따라 수정체가 커지고 단단해지면 조절력이 감소되고 그에 따라 근거리주시가 불편한 노안이 진행된다. 조절의 측정단위는 디오퍼터이며, 주시거리의 역수이다. 주시거리가 1 m라면 1디오퍼터의 조절을 하고, 1/2 m에서는 2디오퍼터, 1/3 m에서는 3디오퍼터의 조절을 한다. 물체주시거리가 점점 가까워져 더 이상 조절을 못하게 될 때 이 주시거리를 조절근점(near point of accommodation,

■ 접수 일: 2012년 10월 5일 ■ 심사통과일: 2012년 10월 11일
■ 게재허가일: 2012년 11월 13일

■ 책임저자: 백 혜 정

인천광역시 남동구 남동대로 774번길 21
가천대학교 길병원 안과
Tel: 032-460-3364, Fax: 032-460-3358
E-mail: htpaik@gilhospital.com

NPA), 이와 반대로 조절이 필요 없는 광학적 무한대의 주시거리를 조절원점(far point of accommodation)이라 한다. 조절원점과 조절근점간의 거리를 조절범위(range of accommodation)라고 한다.

눈모음(convergence)

눈모음은 더 가까운 물체를 보기 위해 두 눈에서 동시에 일어나는 안쪽방향으로의 이향운동이다. 이때 주시물체가 머리의 정중선 앞 정면에 있다면 두 눈의 시축과 머리의 정중선이 이루는 두 각이 같은 대칭눈모음이, 정중선 앞이 아닌 오른쪽 혹은 왼쪽에 있으면 두 눈의 눈모음각도가 서로 다른 비대칭눈모음이 일어난다. 두 눈이 눈모음을 할 수 있는 가장 가까운 거리를 눈모음근점(near point of convergence, NPC)이라 하며 임상적으로 정상적인 눈모음근점은 대략 눈 앞 10 cm이다. 일반적으로 눈모음근점은 조절근점보다 가깝고 조절근점과는 달리 나이에 따라 변하지 않는다. 눈모음은 두가지 단계인 pulse와 step으로 진행된다. 첫 번째 단계는 pulse 과정으로 시각자극이 아닌 빠른 움직임이나 주시거리의 급작스런 변화 등에 의해 유발되는 개방형(open-loop)이며 짧은 잠복기와 빠른 반응속도를 보이는 과정이다. 눈모음중 근접눈모음(proximal convergence)이 이에 해당한다. 두 번째 단계는 step과정으로서 시각자극에 의해 유발되는 폐쇄형(close-loop)으로 잠복기가 길고 반응속도가 느린 특징을 가졌으며 조절눈모음(accommodative convergence)과 융합눈모음(fusional convergence)이 이에 해당한다. 눈모음의 측정단위는 미터각(meter angle, MA)으로 주시거리(m)의 역수이다. 미터각은 두 눈의 정중선에 있는 단위미터 앞 물체를 주시하는 데 필요한 눈모음의 양으로 정의된다. 그러므로 정시인 사람이 1 m 앞에 있는 물체를 주시할 때 1미터각의 눈모음을 하고 1디오퍼터를 조절한다. 이에 비해 프리즘디오퍼터(prism diopter, PD)는 프리즘을 통한 측정 단위이다. 1 m 주시거리에서 물체의 상을 1 cm 편위시키는 프리즘의 양을 1프리즘디오퍼터라고 정의한다. 예를 들어 두 눈 간의 거리가 6.5 cm인 사람이 1 m 거리의 물체를 주시하면 6.5프리즘디오퍼터, 1/3 m 거리에서는 19.5프리즘디오퍼터의 눈모음이 일어난다. 이를 주어진 주시거리에서 필요한 눈모음요구량이라 한다. 정상적으로는 원거리에서 20-25프리즘디오퍼터, 근거리에서 30-35프리즘디오퍼터 정도의 눈모음을 융합할 수 있다.

수의눈모음(voluntary convergence)

눈모음은 이향운동중에서 외부의 자극 없이 자발적으로

일어나는 유일한 운동이다. 수의눈모음이 조절이나 축동과 무관하게 독립적으로 일어나는지 아니면 동시에 일어나는지는 아직 분명하지 않다. 그러나 일반적으로 근거리의 주시물체에 대해 눈모음을 하다가 주시물체를 치워두 두 눈을 눈모음상태로 유지할 수 있으므로 수의눈모음이 적어도 조절과는 무관하게 일어난다고 할 수 있다. 간혹 간헐내사시가 의심되는 어린이 중에 단지 이 수의눈모음으로 사시를 만드는 경우가 있다. 이러한 수의눈모음과 반대로 반사 눈모음에는 긴장눈모음, 조절눈모음, 융합눈모음 그리고 근접눈모음이 있다.

긴장눈모음(tonic convergence)

휴식을 취할 때나 안정상태에서 눈의 해부학적 위치는 약간의 눈별림상태이지만 깨어있을 때 눈의 생리적 위치는 이보다 눈모음상태이다. 이렇게 휴식상태의 눈위치에서 깨어있는 상태의 눈위치로 변화시키는 반사운동을 긴장눈모음이라 하며 외안근의 긴장도 증가로 인해 발생한다. 비조절눈모음과다내사시(nonaccommodative convergence excess esotropia), 즉 근거리 내사시각이 원거리 내사시각보다 크고, 조절눈모음비(AC/A비)는 정상이거나 낮은 내사시는 과다한 긴장눈모음이 그 이유이며,³ 또 여러 번 수술해도 계속 재발되는 내사시 역시 긴장눈모음의 과다로 설명된다.⁴

조절눈모음(accommodative convergence)

조절할 때 그에 상응하는 눈모음이 일어나는데 이를 조절눈모음이라고 한다. 조절과 눈모음의 연합운동은 근거리 주시시의 양안시기능에 중요하고도 필수적인 운동이다. 기본적으로 한 물체를 주시할 때 필요한 눈모음의 요구량은 대개 이 조절눈모음에 의해 채워진다. 긴장 혹은 융합눈모음은 그 고유기능이 있고, 근접눈모음은 단지 보조적인 역할만 한다. 정시인 눈으로 1 m 거리에서 1디오퍼터의 조절을 한다면 1미터각의 눈모음이 일어난다. 단위 디오퍼터의 조절 자극에 대해 사람마다 서로 다른 정도의 눈모음이 일어나는데 이 눈모음의 양은 필요한 눈모음요구량보다 더 많거나 적을 수 있다. 그래서 각 개인의 단위 조절에 대해 유발되는 조절눈모음의 비를 AC/A비로 표현한다.^{5,6} AC/A비의 단위는 프리즘디오퍼터/디오퍼터이며 개인의 단위 조절에 대한 눈모음반응의 정도를 측정하는 중요한 수단이다.

AC/A비를 계산하는 방법에는 두 가지 방법이 있다. 우선 근원거리편위이용법(heterophoria method)은 근거리와 원거리 편위각의 차이를 이용하여 계산하는 방법이다. 먼저

굴절이상을 교정하고 조절이 거의 일어나지 않는 원거리의 편위각을 측정한다. 다음 근거리를 주시하고 조절눈모음이 일어난 상태의 편위각을 측정한다. 여기서 AC/A비는 다음 공식에 의해 얻어진다.

$$AC/A = PD + (\Delta n - \Delta o) / D$$

PD는 동공간거리(cm)이고 Δn 과 Δo 는 각각 근거리, 원거리 주시시의 편위각이다. 그리고 D는 근거리 주시거리를 디오퍼터로 표시한 값이다. 여기서 내편위는 +로, 외편위는 -로 표시한다.

예를 들면 PD=6.0 cm, $\Delta n=8\Delta \times (3D \text{ 근거리})$, $\Delta o=2\Delta \times$ 일 때, $AC/A=6.0+[-8-(-2)]/3=4\Delta/D$

따라서 1디오퍼터의 조절에 대해 매 4프리즘디오퍼터의 조절 눈모음을 한다는 것을 알 수 있다.

AC/A 비를 계산하는 두번째 방법인 렌즈가감법(lens gradient method)은 주시거리를 변화시키는 것이 아니라 구면렌즈를 이용하여 조절자극을 변화시키는 방법이다. 일정한 주시거리에서 오목렌즈는 조절요구량을 증가시키고 볼록렌즈는 조절요구량을 감소시킨다. 구체적으로 -1.00 디오퍼터렌즈로는 1디오퍼터의 조절이 필요하고, 반면 +1.00 디오퍼터렌즈로는 1디오퍼터의 조절이 감소된다. 원거리에서 측정시에는 조절을 유발하기 위해 오목렌즈를, 근거리에서 측정시에는 조절을 감소시키기 위해 볼록렌즈를 사용한다. 대개 ± 3.00 디오퍼터 이내의 렌즈를 이용한다. 렌즈를 이용한 AC/A비 계산법은 다음과 같다.

$$AC/A = (\Delta o - \Delta \ell) / D$$

Δo 는 렌즈를 대기 전의 편위각이고 $\Delta \ell$ 은 렌즈를 댔을 때의 편위각이다. D는 이용한 렌즈의 도수이다. 이 공식에서 분자는 렌즈를 대어서 생긴 눈모음의 변화량이고 분모는 조절요구량을 증가 혹은 감소시키는 렌즈 디오퍼터이므로 결국, 단위 디오퍼터 당 눈모음의 변화량이 어느 정도인지를 계산하는 개념으로 이해하면 된다. 단, 한 가지 주의할 점은 '눈모음'의 변화량을 따지는 것이므로 공식을 적용할 때 내사시는 양수, 외사시는 음수로 계산한다는 점이다. 세번째 방법인 임상적 근원거리편위 단순비교법(clinical evaluation of distance-near relationship)은 임상적으로 가장 흔

히 사용되는 방법으로 원거리와 근거리의 사시각을 단순 비교하는 방법이다. 원거리와 근거리의 사시각 측정치가 같거나 10프리즘디오퍼터보다 작다면 AC/A비는 정상이라 하고, 차이가 10프리즘디오퍼터 이상 나면 높은 AC/A비라 한다. 쉽고 간편하므로 임상적으로 가장 많이 이용되나 다른 방법으로 AC/A비를 측정하면 그 결과가 이와 다를 수 있어 주의가 필요하다. 주시시차이용법(fixation disparity method)을 이용하는 AC/A비 측정은 복잡하여 임상에서 실제로 쓰이지는 않는다. 주시시차를 이용하여 AC/A비를 구하기 위해서는 먼저 하플로스코우프 장치를 이용하여 피검사자의 주시시차를 측정한 후 프리즘을 이용하여 눈모음을 유발하고 이에 따른 주시시차의 변화를 측정한다. 그런 다음 오목 혹은 볼록렌즈를 눈앞에 대어 조절요구를 변화시켜 이에 따른 주시시차의 변화량을 측정한다. 이러한 측정치를 바탕으로 동일한 정도의 주시시차를 유발할 수 있는 조절과 눈모음의 정도를 계산하여 이로부터 AC/A비를 산출한다. 예를 들어 -1.00디오퍼터의 오목렌즈가 주시시차를 1분각만큼 변화시키고 4프리즘디오퍼터의 바닥가쪽 프리즘이 역시 1분각만큼 주시시차를 변화시켰다면 AC/A비는 $4\Delta/D$ 가 되는 것이다. 하플로스코우프이용법(Haploscopic method)은 두 눈의 시야를 완전히 분리하고 두 눈에 서로 다른 시표를 보여주는 장치인 대약시경이 대표적인 예이다. 굴절이상을 교정하고 동공간거리를 정확히 맞춘 다음 조절을 하지 않은 상태에서 각각적 사시각을 측정하고 그 다음 -3.00디오퍼터의 렌즈를 눈 앞에 대고 조절을 유발하여 다시 각각적 사시각을 측정하고 그 차이를 이용하여 AC/A비를 측정한다. 그러나 이는 임상적으로 잘 쓰지 않는 방법이다. 마지막으로 AC/A비 측정법간의 비교를 이용한 방법이 있다. 동일한 환자에서도 측정하는 방법에 따라서 AC/A비의 결과가 달라질 수 있는데 일반적으로 AC/A비의 정상범위는 대략 3-5로 알려졌다.⁷ 5 이상이면 과도한 조절눈모음 즉 높은 AC/A비를, 3 이하면 불충분한 눈모음 즉 낮은 AC/A비를 의미한다. 하지만 이 방법은 주시시차이용법에 의해 AC/A비를 측정했을 때의 정상범위이다.⁸ 따라서 임상적으로 흔히 쓰이는 계단적검사법이나 근, 원거리편위이용법에 의한 AC/A비는 이와 다를 수 있음을 염두에 두어야 한다.

여러가지 방법으로 측정한 AC/A비의 정상범위는 각 측정법에 따라 다소 차이가 있다(Table 1).

Table 1. Normal range of AC/A ratio according to the calculation method

Ocular alignment	Low AC/A ratio	Normal AC/A ratio	High AC/A ratio
Heterophoria method	<5	5-6	>6
Fixation Disparity method	<3	3-5	>5
Gradient method	<1	2-4	>5

AC/A ratio = accommodative convergence / accommodation ratio.

이론적으로는 근거리에서 작동하는 눈모음이 단지 조절 눈모음에 의해서만 일어나는 것이라면 AC/A비는 동공간거리와 같아야 한다. 실제로 근, 원거리편위이용법의 계산은 바로 이 이론적 원리에 기초해 있다. 근, 원거리편위이용법은 단지 근, 원거리편위각의 차이와 동공간거리만 고려한다. 그러나 눈모음이 단지 조절눈모음에 의해서만 일어나는 것이 아니기에 조절눈모음만 작용한다고 전제한 근, 원거리편위이용법으로는 AC/A비가 실제보다 높게 계산된다. 즉, 근거리주시 때 나타나는 근접눈모음의 영향이 고려되지 않은 것이다. 실제 근, 원거리편위이용법에 의한 예를 들어보자. 원거리와 근거리 모두에서 30프리즘디옵터의 내사시가 있고, 동공 간 거리가 5.7 cm일 때 AC/A 비는 $5.7 + (30 - 30) / 3 = 5.7 \Delta/D$ 로 동공 간 거리와 같은 값이다. 이는 근, 원거리편위이용법에 의한 정상 AC/A비의 범위이다. 그러나 원거리 주시에서 30프리즘디옵터의 내사시를, 33 cm 주시시 36프리즘디옵터의 내사시를 가지며, 동공 간 거리가 5.7 cm라면 이때, AC/A비는 $5.7 + (36 - 30) / 3 = 7.7 \Delta/D$ 이다. 이 수치는 정상범위를 넘어서는 높은 AC/A비이다. 하지만 이는 근, 원거리편위각의 차이가 6프리즘디옵터이며 임상적 근, 원거리이용법으로는 높은 AC/A비가 아니다. 근, 원거리편위이용법에서 AC/A비는 단지 동공간거리와 근, 원거리에서의 편위각 차이에 의해 결정된다. 따라서 이 방법으로는 높은 AC/A비라 하더라도 조절눈모음과다와 비조절눈모음과다를 구별할 수 없다. 임상적 근, 원거리비교법은 가장 간편하고 빠른 판단법이어서 가장 쉽게, 널리 이용되는 방법이나 근, 원거리편위이용법과 마찬가지로 근접눈모음의 영향을 고려하지 않아 정확하지 않을 수 있고, 조절눈모음과다와 비조절눈모음과다를 구별할 수 없다. 한 연구에 의하면 이 방법으로 높은 AC/A비였던 대상의 44%는 계단적검사법 (gradient method)으로 측정하면 정상 혹은 저 AC/A비였다.⁹ 비조절눈모음과다를 조절성에 의한 높은 AC/A비와 구별하는 것은 임상적으로 매우 중요한데 비조절눈모음과다는 이중초점안경에 반응하지 않기 때문이다. 주시시차이용법은 복잡하여 임상적인 적용이 어렵다는 단점에도 불구하고 양안시 상태에서 AC/A비를 측정할 수 있는 장점이 있다. 이 방법은 검사과정에서 두 눈을 해리시키지 않으며 편위각을 측정할 때 교대눈가림법을 사용하지도 않는다. 하지만 바로 이 점 때문에 주시시차이용법에 의한 AC/A비는 실제보다 약간 높게 측정된다. 근접눈모음은 이 방법에 관련되지 않지만 융합눈모음이 관여되기 때문이다. 계단적검사법은 조절에 따른 조절눈모음의 변화정도를 의미하는 AC/A비의 정의에 가장 부합하는 방법인 동시에 근접눈모음과 융합눈모음의 영향을 배제하여 가장 정확한 AC/A비를 측정하는 방법이다. 하지만 이 계단적검사법에서도 몇

가지 고려해야 할 점이 있다. 첫째, 조절자극에 대한 조절눈모음의 반응이 항상 선형비례상관관계를 보이지는 않을 수도 있다. 일반적으로 $\pm 1.00 \sim 5.00$ 디옵터 정도의 조절자극에 대해서는 선형의 조절눈모음변화를 보이지만 이 이상의 높은 조절자극에 대해서는 비선형의 변화를 보인다.¹⁰ 따라서 계단적검사법으로 AC/A비를 측정하고자 할 때는 ± 3.00 디옵터 이내의 렌즈를 사용하는 것이 좋다. 둘째, 피검자가 검사과정에서 기울이는 조절노력의 정도에 따라 AC/A비의 결과가 달라질 수 있다. 예를 들어 조절능력이 낮은 환자가 원시교정을 하지 않은 채로 AC/A비를 측정할 때 선명한 이미지를 얻기 위해 훨씬 더 많이 조절해야 하고 이는 과도한 눈모음을 초래할 수 있다. 이 경우에 단위조절디옵터 당 눈모음 정도가 높게 나타나 높은 AC/A비로 측정될 수 있다. 하지만 이러한 경우는 일반적인 조절눈모음과다가 아닌 조절부족이 원인이다.

융합눈모음(fusional convergence)

조절눈모음이 눈 위치를 결정하는 가장 중요한 요소이나 그것만으로는 양안단일시의 기능을 얻을 수 없다. 대다수에서 필요한 눈모음요구량에 비해 AC/A비가 낮으며 일부에서는 AC/A비가 오히려 너무 커서 과도한 눈모음이 일어나 근거리 주시시 내편위를 유발하기도 하므로 양안주시를 하기 위해서는 더 세밀한 조정(fine adjustment)이 필요하다. 이 세밀한 조정이 바로 융합 눈모음에 의해 이뤄진다. 융합 눈모음은 불수의적 운동이며 두 눈에 맺힌 망막상의 불일치(disparate retinal images)가 자극이 되어 일어난다.

근접눈모음(proximal convergence)

근접눈모음은 물체가 가까이 있다는 인식에 의해 유발된다. 이 물체는 실제로 근 거리에 있을 수도 있고 혹은 대략시경처럼 근 거리에 있기는 하지만 광학적으로는 무한대의 먼 거리에 있는 것일 수도 있다. 대략시경으로 측정하는 내편위의 크기는 프리즘가림검사에 의한 수치보다 큰 경우가 많다.⁸ 대략시경은 물체가 가까이에 있다는 인식을 주기 때문이다. 광학적으로 무한대의 원 거리에 있도록 맞춰 조절할 필요가 없게 해도 내편위의 크기는 여전히 크다. 이런 차이를 근접눈모음으로 설명할 수 있다. 근접눈모음의 크기는 예상보다 커서 평균 3.5프리즘디옵터의 크기를 갖는다는 보고도 있다.² 이 근접눈모음은 전통적으로 생각한 것보다는 근거리 융합기능에 더 큰 역할을 하는 것으로 이해된다.

눈모음 이상

눈모음이상은 크게 눈모음부족(convergence insufficiency)과 눈모음과다(convergence excess)로 대별할 수 있다.

눈모음부족(convergence insufficiency)

눈모음부족은 안구피로의 가장 흔한 원인으로, 11 1855년 von Graefe¹²는 근거리에서 편하고 선명한 양안시를 유지하기에 부족한 상태라고 정의하였다. 전체인구의 3-5%, 외사시 환자의 10-20%에서 보고되며 남녀성별에 따른 유의한 차이는 없으나 다소 여자에게서 자주 보고되며 주로 장기간의 독서나 학교생활을 하는 십대후반의 연령에서 호발한다.¹³

눈모음부족은 근육자체의 이상 또는 조절 이상에 따라 이차적으로 발생하는 것으로 생각하고 있다. von Graefe^{12,14}는 근육의 기능이상, 즉 내직근의 약화와 그에 따른 외직근의 기능과다로 인한 것으로 설명하였고 Duke-Elder¹⁵는 근전위도 검사상 내직근의 동향운동기능은 정상이나 수축력이 감소되는 것을 발견하였다. 반면 조절이상으로 인한 눈모음부족은 교정하지 않은 5디오퍼 이상의 고도원시나 약한 근시일 때 근거리주시 시 조절이 필요없게 되고 따라서 이차적인 조절성 눈모음이 일어나지 않게됨에 따라 눈모음부족현상이 일어나는 경우에서 설명할 수 있다.¹¹ 그 외 노안초기에 이중초점안경을 처음 처방하면 본인의 조절성 눈모음이 약해지면서 눈모음부족이 나타나기도 하고 두부외상, 갑상선 안병증, 근무력증 및 기타 독성약물 및 감염, 염증 등 다양한 원인에 의해서도 초래될 수 있다. 전형적인 눈모음부족은 원거리에서는 눈위치가 정위 또는 적은 양의 외사위이지만 근거리에서 10프리즘디오퍼 이상의 외편위와 10 cm 이상으로 떨어진 눈모음근점, 융합눈모음의 감소를 보인다. 이때 조절근점은 정상이거나 다소 떨어지는 정도이며 AC/A비는 낮고 입체시는 정상이다. 주 증상은 안구 피로와 두통이나 그 외에도 눈 주위 압박감 및 근거리 주시시 흐릿하게 보이거나 둘로 보여 자꾸 눈을 깜박이거나 감게 되는 등의 불편함을 호소하게 된다. 이때 복시는 선명히 떨어져 보이거나 혹은 겹쳐서 보임 모두 가능하고 때로는 비주시안을 억제하여 전혀 느끼지 않고 생활할 수도 있다. 장시간의 독서나 수면이 부족할 경우에는 이러한 증상들이 더욱 악화된다. 눈모음부족의 치료는 정확한 굴절검사와 그에 따른 안경처방이 가장 기본이라고 할 수 있다. 비 수술적인 치료방법으로는 주로 시기능 훈련과 프리즘처방을 이용한 광학적인 치료법 등이 있는데 8프리즘디오퍼 이하의 작은 외편위를 보이는 경우에는 시

표나 손가락을 이용한 폭주훈련, 생리적 복시 인지훈련, 입체시 유발훈련 등을 시행함으로써 눈모음부족을 극복시킬 수 있다. 광학적인 방법으로는 프리즘과 렌즈를 사용하는데 프리즘은 바닥안쪽(base-in)으로 처방하여 눈모음부족으로 인한 증상을 완화시키거나 바닥가쪽(base-out)으로 처방하여 융합력을 높이는 효과를 기대할 수 있다. 또한 노안 안경 처방 시 원시뒀수를 +1~+2.5디오퍼 정도 의도적으로 부족처방함으로써 본인에게 남아있는 조절력을 이용한 조절눈모음을 유발시켜 눈모음부족을 치료할 수도 있다. 손쉬운 눈모음 훈련법으로는 Pencil push-ups 훈련이 있는데 이는 눈앞에 연필끝처럼 조절 가능한 시표 들고 있다가 그 시표를 점차적으로 융합이 깨지지 않는 거리까지 코 앞쪽으로 이동시키면서 10초 이상 주시를 유지하도록 하는 훈련으로 하루 수 차례 반복하도록 한다. 생리적 복시를 이용한 훈련법은 환자로 하여금 눈 앞에 연필을 들고 마주 앉은 의사를 보게 한 후 환자가 의사를 보는 상태에서 두 사람의 중간에 있는 연필이 둘로 보이게 되는 생리적 복시를 이용한다. 즉, 생리적 복시가 무엇인지 터득한 후에 시선을 바꾸어 연필을 보게 하고 다시 의사의 얼굴을 보게 한 후 연필을 환자의 코쪽으로 점점 이동시켜 모임기능이 좋아지도록 하는데, 환자는 복시가 무엇인지 알게 되어 정확히 연습할 수 있고, 의사는 환자의 눈 상태를 감독할 수 있어 연습이 제대로 되는지 확인할 수 있는 장점이 있다. 하루 5회, 한 회에 10번 정도 반복하게 한다.

이러한 모든 비수술적인 시기능훈련이 실패한 경우에는 양안 내직근 절제술,¹⁶ 내직근의 윗부분과 아랫부분의 양을 달리하여 절제하는 근경사절제술,¹⁷ 양안 외직근의 경사후전술 등의 수술적 치료를 시행하게 된다. von Noorden¹⁷은 근거리 사시각이 각 각 17과 35프리즘디오퍼의 눈모음부족 환자에서 두 눈 내직근절제술을 시행하여 모든 환자에서 만족할 만한 효과를 얻었다고 하였다. 만약 수술 후 과교정으로 인한 속발성 내사시가 발생하는 경우 원거리에서 비교차성 복시를 호소하게 되므로 이중초점안경의 상측부에 프레넬 프리즘을 처방하여 증상을 완화시키기도하나 대부분 수술 후 1개월 내지 3개월에 걸쳐 저절로 사라진다.¹⁸ 수술 후 부족교정 될 경우 발생하는 근거리에서의 외편위는 비록 원래의 사시각으로 재발하기도 하지만 눈모음부족 환자의 눈피로와 같은 술 전 증상은 느끼지 않는다. 많은 경우에는 비 수술적인 시기능훈련 만으로도 매우 우수한 치료효과를 얻을 수 있다. 하지만 최근 들어서는 이러한 훈련의 효과는 근점눈모음이나 긴장성눈모음 등에 국한적이고 일시적인 영향을 미칠 뿐이며 융합눈모음이나 조절눈모음의 요소에는 치료효과가 거의 없다는 보고도 있어 눈모음부족이 운동만으로는 치료되지 않는다는 주장

도 있다.

조절부족과 관계되는 눈모음부족(convergence insufficiency associated with accommodative insufficiency)

눈모음부족은 조절할 수 있으나 조절하지 않으려고 해서 발생하나, 이 질환은 조절 능력자체가 병적으로 감소된 상태로 증상은 더 심하며 자연회복은 드물다. Alexander¹⁹에 의하면 조절부족과 관계되는 눈모음부족은 조절근점이 감소하고 눈모음근점은 멀어지고 AC/A비는 낮거나 없을 때 진단할 수 있으며 뇌 외상, 디프테리아, 단핵구증, 뇌염, 스트렙토 구균에 의한 목 감염 후 발병되는 것으로 보고되었다.²⁰ 치료는 오목렌즈를 이용한 조절자극에도 눈모음반응을 전혀 보이지 않는 경우도 있는 등 시기능훈련에 반응을 하지 않으므로 편안한 독서를 위해서 볼록렌즈와 바닥안쪽 프리즘을 착용시켜 주어야 한다. 이때는 자주 조절을 해 주어야 하기 때문에 프레넬 프리즘이 유용하며 축동제는 근거리 주시시 외사시를 증가시키기 때문에 환자에게 불편을 줄 수 있어 사용하지 않는다. 이중초점렌즈 사용 후 두 눈 내직근절제는 다소 도움이 될 수 있다. 눈모음부족이 있는 모든 환자에서 이 질환을 감별하기 위해서 시기능 훈련 전에 조절근점을 측정해야 한다.

눈모음마비(convergence paralysis)

Parinaud²¹에 의하면 눈모음마비는 내전은 정상이나 눈모음이 안되어 근거리에서만 복시를 느끼는 상태로 눈모음부족과 서로 다르나 눈모음부족과 눈모음마비를 임상적으로 엄격히 구별하기는 힘들다. 조절은 정상, 감소 또는 없을 수도 있으며 동공도 영향을 받거나 받지 않을 수 있다. 일부 환자에서는 동공반사가 눈모음 중에는 나타나지 않고 빛의 자극시에는 반응을 보일 수도 있다. Walsh and Hoyt²²는 눈모음마비의 가장 흔한 원인은 두부손상이며 그 외 뇌염, 파종성 경화증(disseminated sclerosis)과 척수로(tabs) 등도 원인일 수 있다고 하였다. 버섯중독 후 눈모음마비가 발생했다는 보고도 있다.²³ 부검소견상 눈모음마비는 대부분 병변이 corpora quadrigemina나 제 3뇌신경핵에 있는 경우에 생긴다는 것을 알 수 있었다. 또한 눈모음마비는 수직주시마비(Vertical gaze palsy, Parinaud's syndrome)와 잘 동반된다. 임상적으로 근거리에서 복시를 느끼면서 눈모음부족을 호소하는 환자에게서 이러한 눈모음마비소견이 기능적인 것인지 기질적인 것을 감별하기 위해서는 1-2미터 떨어진 곳을 주시하게 하면서 눈앞에 바닥가쪽 프리즘을 대어 복시를 발생시킬 경우 환자가 융합

성 눈모음을 이용하여 복시를 제거할 수 있다면 기능적 눈모음마비라 진단할 수 있다. 치료로는 이중초점안경 하단부에 바닥안쪽 프리즘을 대어줌으로써 복시증상을 완화시킨다.

눈모음연축(convergence spasm)

원거리에서는 정위이나 근거리 주시시에는 간헐적으로 조절연축과 근시, 축동이 동반되어 심하게 일어나는 증상으로 이러한 눈모음연축은 근거리주시물을 제거하여도 일정시간동안 지속되는 양상을 보인다. 환자는 근거리 상의 비교차복시 및 시력감소와 관모양시야손상(tubular visual field defect)을 호소한다. 주로 히스테리성이나 신경성 장애를 보이는 정신과적 문제가 있는 환자에게서 발견되나 뇌염, 소모증(tabs), 미로누공(labyrinthine fistulas), Arnold-Chiari malformation, 뇌하수체 선종, 뒤오목신경 섬유종(posterior fossa neurofibroma) 후 발생할 수가 있다.²² 약물로는 ethanol, narcotics, digitalis derivatives, hydralazine, hydroxy-methonium, sulfonamides, carbonic anhydrase inhibitors, 그리고 대량의 thiamine 사용 후 올 수 있다. 치료방법은 원인을 제거하고 정신과 치료를 받는 것과 동시에, 안과적으로는 굴절이상을 교정해 주며 근점 노동을 피하고 독서 시 알맞은 조명, 올바른 자세와 충분한 거리에서 하도록 한다. 두 눈에 아트로핀을 점안하면서 동시에 이중초점렌즈 안경을 처방한다. 아트로핀 점안은 눈모음연축이 완전히 사라질 때까지 충분히 사용하여야 하며 그 기간은 수 개월간 때로는 1년 이상이 될 수도 있다.

눈모음 과다(convergence excess)

전량 원시교정 후에도 원거리주시에 비해 근거리 주시 때 8프리즘디옵터 이상의 내편위가 존재하는 경우로서 고 AC/A비를 가진 조절성 눈모음과다형 내사시, 정상 AC/A비를 가진 비조절성 눈모음과다형 내사시, 저 AC/A비를 가진 부족조절성 눈모음과다형 내사시로 분류된다.

결론적으로, 눈모음이상의 치료를 위해서는 조절과 눈모음의 원리를 충분히 이해하고 안과검사는 물론 타과와의 협진을 통한 전신검사를 통해 원인이 될 수 있는 다양한 질환을 찾는 것이 매우 중요하다. 또한 정확한 진단과 원인별 치료를 위해서는 단순한 굴절검사와 안경처방뿐만 아니라 전문적이고 적극적인 치료에 대한 올바른 인식이 절실한 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Mays LE, Gamlin PD. Neuronal circuitry controlling the near response. *Cur Opin Neurobiol* 1995;5:763-8.
- 2) Morgan MW Jr. Relationship between accommodation and convergence. *Arch Ophthalmol* 1952;47:745-59.
- 3) von Noorden GK, Morris J, Edelman P. Efficacy of bifocals in the treatment of accommodative esotropia. *Am J Ophthalmol* 1978; 85:830-4.
- 4) Fry GA. Further experiments on the accommodation convergence relationship. *Am J Optom* 1939;16:325-36.
- 5) Fry GA, Haines FF. Tait's analysis of the accommodative-convergence relationship. *Am J Optom* 1940;17:383-9.
- 6) von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility : theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis: CV Mosby, 2002;92.
- 7) Ogle KN, Martens TG, Dyer JA. Oculomotor imbalance in binocular vision and fixation disparity. Philadelphia: Lea & Febiger, 1967;87-8.
- 8) Thompson DA. Measurements with cover test vs. troposcope. *Am Orthopt J* 1952;2:47-52.
- 9) Jackson JH, Arnoldi K. The gradient AC/A ratio: what's really normal? *Am Orthopt J* 2004;54:125-32.
- 10) Alpern M, Kincaid WM, Lubeck MJ. Vergence and accommodation. III. Proposed definitions of the AC/A ratios. *Am J Ophthalmol* 1959;48:141-8.
- 11) von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility : theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis: CV Mosby, 2002;500-7.
- 12) von Graefe A. Über musculäre Asthenopie. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1862;8:314-67.
- 13) Nemet P, Stolovitch C. Biased resection of the medial recti: A new surgical approach to convergence insufficiency. *Binocul Vis Strabismus Q* 1990;4:213.
- 14) von Graefe A. Über Myopie in distans nebst Betrachtungen Über Sehen jenseits der Grenzen unserer Accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1862;8:314-67.
- 15) Duke-Elder S. System of Ophthalmology: Ocular Motility and Strabismus. St. Louis: CV Mosby, v. 6 1973;570.
- 16) Grisham JD. Visual therapy results for convergence insufficiency: a literature review. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:448-54.
- 17) von Noorden GK. Resection of both medial rectus muscles in organic convergence insufficiency. *Am J Ophthalmol* 1976;81:223-6.
- 18) Jampolsky A. Ocular divergence mechanisms. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1970;68:730-822.
- 19) Alexander Duane. Anomalies of the accommodation clinically considered. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1915;14(Pt 1):386-402.
- 20) Brown HW. Strabismus in the adult. Symposium of the New Orleans Academy of Ophthalmology. In: Haik GM, ed. St. Louis: Mosby-Year Book, 1950;351.
- 21) Parinaud H. Clinical nerveuse: Paralysie des mouvements associés des yeux. *Arch Neurol (Paris)* 1883;5:145.
- 22) Walsh FB, Hoyt WF. Clinical neuro-ophthalmology, 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, v. 3. 1969;1208.
- 23) Gilad E, Biger Y. Paralysis of convergence caused by mushroom poisoning. *Am J Ophthalmol* 1986;102:124-5.

=ABSTRACT=

Accommodation and Convergence, Anomalies of Convergence

Hae Jung Paik, MD, PhD¹, Hyun Taek Lim, MD²

Department of Ophthalmology, Gachon University, Gil Medical Center¹, Incheon, Korea

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine², Seoul, Korea

Purpose: Accommodation and convergence, the main factors of near vision complex on near vision associated with miosis are essential ocular movements for binocularity. Therefore, we attempted to find appropriate treatments for anomalies of accommodation and convergence.

Methods: The basic theories and anomalies of accommodation and convergence were reviewed. Various treatment modalities for anomalies of convergence were discussed and treatment guidelines were proposed.

Results: Anomalies of convergence were classified into convergence insufficiency, convergence insufficiency associated with accommodative insufficiency, convergence paralysis, convergence spasm, and convergence excess. Treatment was divided into non-surgical and surgical methods which include not only vision therapy and optical treatment using a prism after cycloplegic refraction, but also rectus muscle surgery.

Conclusions: The choice of effective treatments according to various causes is necessary for anomalies of accommodation and convergence through complete eye examinations. Thus, not only simple refractive error measurement and glasses prescription for best corrected visual acuity are necessary, but also active treatment by fundamental ophthalmic and neurologic evaluation in hospitals.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(12):1719-1726

Key Words: Accommodation, Anomalies of convergence, Convergence, Fundamental ophthalmic examination, Vision therapy

Address reprint requests to **Hae Jung Paik, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Gachon University Gil Medical Center

#21 Namdong-daero 774beon-gil, Namdong-gu, Incheon 405-760, Korea

Tel: 82-32-460-3364, Fax: 82-32-460-3358, E-mail: hjpaik@gilhospital.com