대한안과학회지 : 제 35 권 제 9 호 1994
J Korean Ophthalmol Soc. Vol. 35, No. 9

자기공명영상을 이용한 안와각과 안운동각의 측정

김 혜 영 · 이 종 복*

= 요 약 =

안구운동의 제한을 일으키지 않는 안전한 후전의 한계인 안운동적도의 위치는 안구의 크기와 안운동각의 크기에 의해 결정되며, 안운동각은 안와의 크기 또는 안와각에 따라 영향을 받을 것으로 생각하여 저자는 자기공명영상을 이용하여 정상 150안에서 안구와 안와의 여러 계측치를 측정, 비교하였다.

안와각은 평균 42.4도였고 남자(41.9도)보다 여자(43.0도)에서 컸으며 연령에 따른 유의한 차이는 없었다. 안운동각은 평균 12.1도로 성별이나 연령에 따른 유의한 차이는 없었다. 안운동적도는 해부학적 적도로부터 내직근쪽은 전방으로, 외직근쪽은 후방으로 평균 2.53㎜ 전위되어 있었으며 성별이나 연령에 따른 유의한 차이는 없었다. 안와각이 커질수록 안운동각이 커졌고, 안운동적도는 해부학적 적도로부터 멀어졌다.

이상의 결과에서 사시수술을 할 때 외안근 후전의 안전한 한계를 정하는 요인의 하나인 안운동각은 연령, 성별에 따른 차이가 없으며, 후전의 한계는 안구의 직경을 고려하여 정할 수 있을 것으로 생각된다(한안지 35 : 1007~1013, 1994).

= **Abstract** =

Determination of Orbital & Oculomotor Angle Using the Magnetic Resonance Imaging

Hye Young Kim, M.D., Jong Bok Lee, M.D.*

The position of oculomotor equator, which is the 'safe limit' of the recession, is determined by both the diameter of eyeball and the size of oculomotor angle, and the latter, in turn, appears to be influenced by the size of orbit or orbital

〈접수일 : 1994년 2월 15일, 심사통과일 : 1994년 7월 14일〉

연세대학교 원주의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology, Wonju College of Medicine, Yonsei University
* 연세대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul Korea

본 논문의 요지는 1993년 4월 제 70차 대한안과학회 춘계 학술대회에서 발표되었음

angle. In the present study, several measurements were made concerning eyeball and orbit in 150 normal eyes using the MRI.

The average of orbital angles was 42.4°, those of females(43.0°) being significantly larger than those of males(41.9°), but there was no significant difference among different age groups. The average of oculomotor angles was 12.1°, and there was no significant difference among different sex or age groups. The average distance between oculomotor and anatomical equators was 2.53㎜. There was no significant difference among different sex or age groups. As the orbital angle increased, the oculomotor angle and the distance between oculomotor and anatomical equator also increased significantly.

These results suggest that safe limit of the recession could be determined by a single factor, the diameter of eyeball, since the oculomotor angles do not show significant difference among different sex or age groups(J Korean Ophthalmol Soc 35 :1007~1013, 1994).

Key Words : MRI, Oculomotor angle, Oculomotor equator, Orbital angle

사시수술은 1839년 Diffenbach에 의해 최초로 시행되었는데 그는 내사시 환자에서 내직근의 건절단술을 시행하였다[1]. 그 이후 많은 내사시에서 같은 수술이 시행되었으나 이 수술방법은 수술후 과교정되어 외사시의 발생율이 높아 논란의 대상이 되었다[1]. 금세기에 들어서 내직근은 건드리지 않고 외직근에 조작을 함으로써 안구의 위치를 조절하는 방법들이 시도되었다.

Jameson[2]이 처음 외안근 후전술의 개념을 도입한 후 1931년에 그 수술성적을 보고하여 좀더 결과를 예측할 수 있는 수술방법으로 주목받기 시작했다. 근래에는 단독으로 혹은 길항근의 절제술과 병용하는 후전술이 가장 흔히 사용되는 사시 수술 방법의 하나가 되었다.

외안근 후전술의 적절한 양을 결정하는데는 안구의 크기와 외안근의 길이가 중요한 요인이다[3,4]. 정상 성인의 안축장은 평균 24.15㎜이며 고도의 축성근시를 제외한 정시, 원시, -4 디옵터이내의 경도근시의 안구는 둥근 구로 간주할 수 있다[5]. Gillies와 McIndoe[4]가 5세 이상의 사시환자를 대상으로 초음파 A scan을 이용하여 안축장을 측정한 결과 안축장은 연령에 따라 유의한 차이가 없었다. 반면 외안근의 길이, 특히 직근의 종지부로부터 적도부까지의 길이에 많은 개인차가 있다[4]. 즉 편위도가 큰 사시에서 많은 양의 후전으로 교정 가능한 경우가 있는가 하면 적은 양의 후전으로도 교정 가능한 경우가 있다. 이것이 사시수술의 결과를 예측하기 어렵게 만드는 요인중의 하나이다. 또한 사시수술을 시행함에 있어 특히 소아에서 외안근을 후전할 때 외안근 기능저하로 인한 안구운동의 제한이 올 것을 피하기 위해 많은 양의 후전을 꺼리게 된다.

직근은 안와첨에서 기시하여 안운동축을 중심으로 주행한다[6]. 안운동적도는 안운동축과 수직을 이루며 이는 해부학적 적도로부터 내직근쪽은 전방으로 외직근쪽은 후방으로 전위되어 있다. 안운동적도는 안구운동의 제한을 일으키지 않는 후전의 한계라 간주할 수 있으며 그 위치는 안운동각과 안구의 직경을 측정함으로써 알 수 있다[7]. 안운동적도보다 더 뒤쪽으로 후전하면 제 1 안위에서는 근육의 기능이 약화되지 않을 수 있으나, 근육의 작용방향으로 주시할 때는 그 기능이 약화된다[3,8]. 안와첨과 안구의 중심을 지나는 안운동축이 안구의 전후축과 이루는 각이 안운동각이며, 안운동각은 안와의 크기, 또는 안와각에 의해 영향을 받을 것으로 생각된다. 현재까지 안운동각 크기와, 안운동각과 안와각과의 관계에 대한 연구는 이루어져 있지 않다. 자기공명영상은 기

존의 방사선검사보다 고도의 해상력을 얻을 수 있어 안와와 안구의 해부학적으로 좀더 정확한 상을 얻을 수 있다[9,10].

이에 본 연구에서는 자기공명영상을 이용하여 정상인에서의 안운동각과 안구직경을 측정함으로써 안와각, 안운동각, 안구직경과 안운동적도가 성별, 연령별에 따른 차이가 있는지 그리고 서로간에 상관관계가 있는지 여부를 알아보고자 한다.

대상 및 방법

뇌자기공명영상을 시행한 환자 중 아래의 기준에 적합한 75명 150안을 대상으로 하였다. 자기공명영상기기는 초전도형 0.5T Gyroscan T5 (Philips, Einthoven, Netheland)를 사용하여 spin echo방법으로 T1 강조영상 (TR/TE, 400-500msec /25-30msec)을 얻었다.

남자 38명, 여자 37명이었으며 적용한 기준은 다음과 같았다. 신경과, 신경외과, 소아신경과에서 시행한 신경학적 검사상 이상소견이 없으며, 안과에서 시행한 검사상 복시나 안구운동제한이 없는 환자중 뇌자기공명영상에 특이소견이 없는 환자들을 대상으로 하였다.

촬영시 환자로 하여금 제 1 안위를 취하도록 하였다. 협조가 안되는 소아에서는 사진결과에서 양안의 안운동각이 같은 경우를 제 1 안위가 유지된 것으로 간주하였다. 안구의 직경측정을 위한 정중면에 가장 가까운 단면을 얻기 위해 5㎜ 간격으로 찍은 횡단면 도중 안와첨을 지나면서 안구의 직경이 가장 큰 단면을 선택하였다.

안와각 측정은 안와내측벽은 정중시상축과 평행하게 긋고 외측벽은 관상골의 내측과 접형골의 돌출된 부분을 연결한 선을 그어 그 사이각을 측정하였다[11]. 안구의 중심과 안와첨을 연결한 안운동축과 안구의 전후축의 사이각을 안운동각으로 측정하였다. 안구직경은 각막 전면의 중심에서 안구의 중심을 지나 뒤쪽 공막 후면까지의 길이를 측정하였다(Fig. 1).

안운동적도는 안운동축과 직각을 이루며, 이는 해부학적 적도보다 내직근쪽은 전방으로, 외직근쪽은 후방으로 전위되어 있다(Fig. 2). 안운동적도로부터 해부학적 적도까지의 거리(⊿E)는 측정한 안운동각과 안구직경으로부터 다음 식에 의하여 계산하였다.

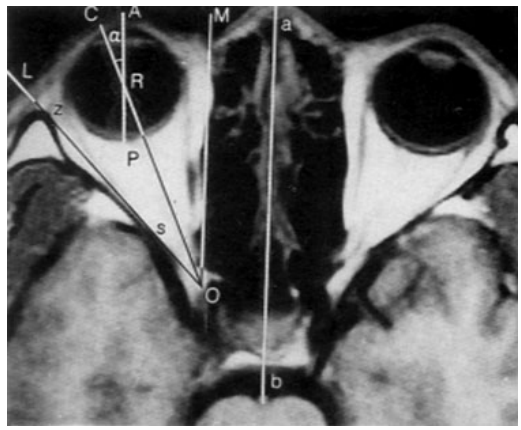


Fig. 1. Measurements of orbital angle and oculomotor angle. The medial orbital wall (OM) is parallel to the midsagittal line (ab), and the lateral orbital wall (OL) is the connecting line between the inner aspect of zygoma (z) and the most protruded portion of sphenoid bone (s). The oculomotor angle (α) is the angle between the oculomotor axis (OC), which passes the orbital apex (O) and the anteroposterior axis (AP) of the eyeball, which passes the center of eyeball (R).

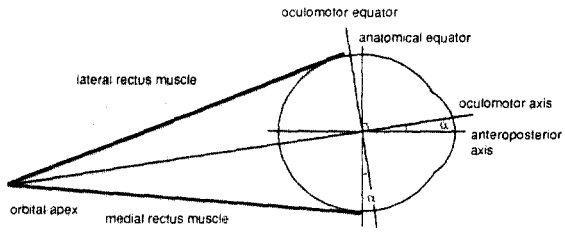


Fig. 2. The oculomotor equator is displaced anteriorly on medial aspect and posteriorly on lateral aspect from the anatomical equator. α: oculomotor angle

$$\Delta E = \frac{\text{안운동각(도)}}{360^\circ} \times \text{안구둘레(㎜)}$$

해부학적 적도로부터 안운동적도까지의 거리(⊿E), 안구직경, 각막직경으로부터 안전한 후전의 한계를 다음 식에 의하여 계산하였다.

안전한 내직근 후전량=1/4×안구둘레-⊿E-(1/2×각막직경+각공막윤부로부터 내직근 종지부까지의 거리)

안전한 외직근 후전량=1/4×안구둘레+⊿E-(1/2×각막직경+각공막윤부로부터 외직근 종지부까지의 거리)

안와각, 안운동각, 안구직경의 측정값과 안운동적도로부터 해부학적 적도까지의 거리를 계산하여 평균값을 계산하였다. 이들 값들이 연령, 성별에 따라 차이가 있는지 t-test로 검정하였고 연령군에 따른 차이가 있는지 알아보기 위해 일원량 분산분석(ANOVA)을 하였다. 안와각, 안운동각, 안구직경과 해부학적 적도로부터 안운동적도까지의 거리간에 서로 상관관계가 있는지 알아보기 위해 회귀분석을 시행하였다.

결 과

대상군의 연령분포는 1.5세에서 84세(평균 34.4±22.6세)까지 다양했으며 10세 미만과 50세 이상이 전체 대상안의 56%에 해당하였다(Table 1).

안와각과 안운동각은 각각 평균 42.4±2.4도(범위 : 38.0-49.0도), 12.1±1.6도(범위 : 9.0-15.5도)였으며 연령에 따른 유의한 차이는 없었다($p>0.05$, Table 2, Table 3). 특히 안와각은 안와의 성장이 완료되는 사춘기 이전과 이후에 차이가 없었다. 안구의 직경은 성장기에 약간 증가하는 경향을 보였으나 통계적 의미는 없었다($p>0.05$, Table 3). 해부학적 적도로부터 안운동적도까지의 거리는 평균 2.53±0.34㎜였으며, 연령에 따른 유의한 차이는 없었다($p>0.05$, Table 3).

안와각의 크기는 남자 평균 41.9도, 여자 평균 43.0도로 통계적으로 유의한 차이를 보였다

Table 1. Age distribution

Age(yr)	Number of cases(%)
Less than 10	32(21)
10-19	18(12)
20-29	16(11)
30-39	20(13)
40-49	12(8)
More than 49	52(35)
Total	150(100)

Table 2. The average of orbital angle

Age(yr)	Number	Orbital angle(degree)
Less than 10	32	42.1
10-19	18	42.6
20-29	16	42.2
30-39	20	42.9
40-49	12	42.1
More than 50	52	42.8
Total	150	42.4±2.3*

* mean±SD

Table 3. The age differences of the measurements

Age(yr)	Number	Oculomotor angle(degree)	Eyeball diameter(㎜)	Oculomotor equator* (㎜)
Less than 10	32	12.2	22.6	2.41
10-19	18	12.3	23.7	2.57
20-29	16	11.5	24.8	2.49
30-39	20	12.2	24.4	2.61
40-49	12	11.8	24.1	2.46
More than 50	52	12.3	24.2	2.62
Total	150	12.1±1.6*	24.0±1.0†	2.53±0.34†

* distance from anatomical equator to oculomotor equator

† mean±SD

Table 4. The differences of the measurements according to sex *

	Male			Female		
	Average	Minimal	Maximal	Average	Minimal	Maximal
Orbital angle(degree)	41.9	38.0	49.0	43.0	39.0	49.0
Oculomotor angle(degree)	12.0	9.0	15.5	12.3	9.0	15.0
Eyeball diameter(㎜)	24.1	21.0	25.6	23.9	22.3	25.8
Oculomotor equator(㎜)	2.51	1.46	3.08	2.57	1.53	3.26

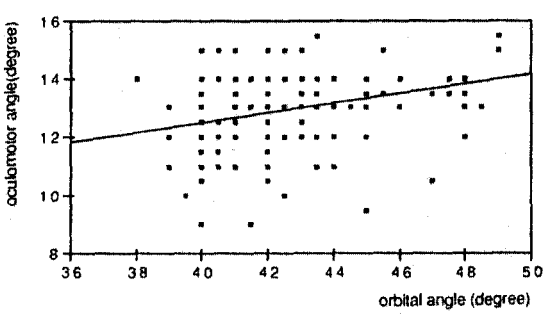
* male : female=76 : 74

+ distance from anatomical equator to oculomotor equator

($p<0.05$). 안운동각은 남자 평균 12.0도, 여자 평균 12.3도로 여자에서 컸으나 통계적 의미는 없었다($p>0.05$) 안구직경은 남자 평균 24.1㎜, 여자 평균 23.9㎜로 성별에 따른 유의한 차이가 없었으며($p>0.05$) 안운동적도로부터 해부학적 적도까지의 거리는 남자 평균 2.51㎜, 여자 평균 2.57㎜로 성별에 따른 유의한 차이가 없었다($p>0.05$, Table 4).

평균 안구직경은 24.0㎜, 해부학적 적도로부터 안운동적도까지의 거리는 2.53㎜였으며, 각막 직경 12㎜, 각공막윤부에서 내직근의 종지부가 5.5㎜, 외직근의 종지부가 6.7㎜ 떨어져 있을 때의 안전한 후전량은 내직근 4.8㎜, 외직근 8.7㎜이다.

안와각이 커질수록 안운동각이 통계적으로 유의하게 커지는 경향을 보였다($p<0.05$, Fig. 3). 그러나 안구직경과 안와각(Fig. 4), 또는 안구직경과 안운동각(Fig. 5)은 통계학적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다($p>0.05$). 안와각이 커질수록 해부학적 적도로부터 안운동 적도까지의 거리가 통계적으로 유의하게 멀어졌다($p<0.05$, Fig. 6).



$Y=0.16x+5.91$

$adj \cdot R^2=0.07$

Fig. 3. The relationship between the oculomotor angle and the orbital angle

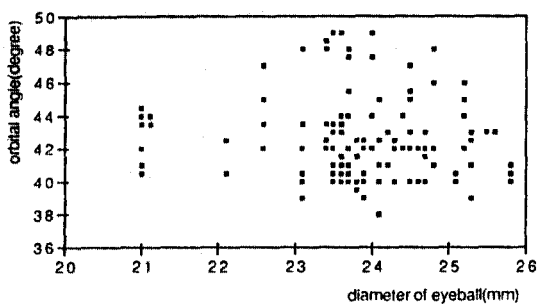


Fig. 4. There was no significant correlation between the eyeball diameter and the orbital angle.

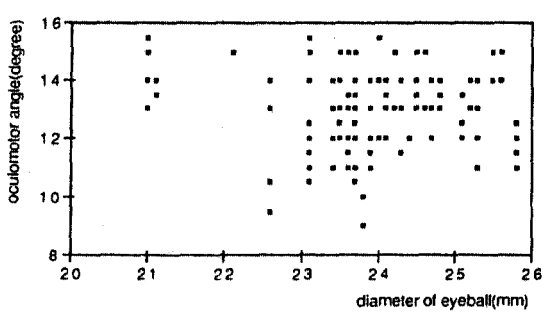
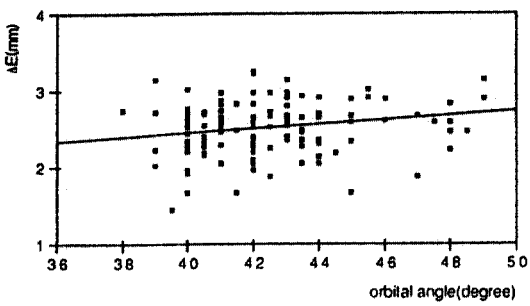


Fig. 5. There was no significant correlation between the eyeball diameter and the oculomotor angle.



$Y=0.03x+1.33$
$adj \cdot R^2=0.03$

Fig. 6. As the increment of orbital angle, the distance between the oculomotor & anatomical equator was increased significantly. ΔE : distance from anatomical equator to oculomotor equator

고 찰

사시 수술후 과교정과 관련된 요인으로는 수술의 기술적 요인[1], 종지부가 미끄러지거나 수술 부위의 유착 등의 수술후 변화[12]가 있으며, 또한 안구, 외안근의 해부학적 관계의 변화도 과교정을 일으킬 수 있는 요인이라 할 수 있다[1,13,14]. Pratt-Johnson등[15]과 Hardesty등[16]은 간헐성 외사시의 수술성적을 보고하면서 각각 15%, 6%의 과교정을 보고한 바 있다. 또한 여러 저자들[17-20]이 내사시에서 단안 또는 양안 내직근 후전술과 단안 내직근 후전-외직근 절제술의 결과를 비교하였는데 모두 8-12%의 과교정을 보고하였고 Tour와 Asbury[1]는 내사시 수술후의 과교정에 대한 연구를 통해 양안 내직근 후전술 후 발생하는 과교정은 해부학적 관계를 고려하지 않고 과도한 양을 후전했기 때문이라 하였다.

외안근이 수축할 때 안구의 회전력은 근육 자체의 수축력과 안구의 회전중심에 대한 근육이 작용하는 방향에 의해 결정된다. 즉 안구의 접선방향으로 힘이 작용할 때 회전력은 가장 크고 그 방향을 벗어나면 회전력은 감소하게 된다. 외안근의 종지부를 안구에 대한 접점보다 뒤로 옮기면 힘의 방향이 변하게 되고 그 근육은 최대 회전력을 얻을 수 없게 된다.

후전의 한계는 외직근의 경우 10-12㎜범위[21], 또는 외직근 길이의 30% 이내[7]가 안전하며 내직근의 경우 5-6㎜ 범위[21], 또는 내직근 길이의 25% 이내[7]가 안전하다고 알려져 있다. 본 연구에서 안운동적도의 위치는 해부학적 적도로부터 평균 2.53㎜ 전위되어 있으며 이러한 결과로부터 안구직경이 24㎜, 각공막 윤부에서 내직근의 종지부가 5.5㎜, 외직근의 종지부가 6.7㎜ 떨어져 있을 때 안전한 후전량은 내직근은 4.8㎜, 외직근은 8.7㎜가 된다. 이는 von Noorden[21]이 말한 안전한 후전의 한계인 내직근 5-6㎜, 외직근 10-12㎜보다 작았다. 이러한 결과로 볼 때, 임상적으로 안전하다고 알려진 많은 양의 후전이 후전근 방향으로 극단적으로 주시할 때는 제한을 일으킬 수 있음을 알 수 있다.

안운동적도의 위치는 연령에 따라 차이가 없는 것으로 나타났는데 즉, 안운동각과 안구직경이 연령에 따라 차이가 없었다. 안구의 크기는 생후 1년에 가장 빠른 성장을 하며 그후 매우 천천히 미약한 성장을 한다[22]. 본 연구에서 연령에 따른 안구직경의 차이가 없는 것은 대상에서 1세 미만의 유아가 없었기 때문으로 생각된다.

안운동각은 안와각의 크기에 비례하여 증가하였다. 안와각은 남자보다 여자에서 통계적으로 유의하게 컸으며, 안운동각은 통계적으로 유의하지는 않았으나 역시 여자에서 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 안와각이나 안운동각은 안구직경과 유의한 상관관계가 없으며 이로써 안구중심의 위치는 안구 크기에 따라 차이가 없음을 알 수 있다. 해부학적 적도로부터 안운동적도까지의 거리는 안와각이 커짐에 따라 통계학적으로 유의하게 커졌으며 이는 안운동각이 커지기 때문이라 생각된다.

본 연구에서 오차를 만들 수 있는 요인이 몇 가지 있었는데 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 안구가 완전한 구라는 가정하에 시행되었으며 이는 정시, 원시와 심하지 않은 근시에서 사실로 인정되고 있고 본 연구대상에서 -4디옵터 이상의 심한 근시안은 없었다. 둘째, 안구의 기하학적 중심을 회전 중심으로 간주하였다. 실제로 안구의 회전중심은 안구의 위치에 따라 조금씩 다르며 그러한 사실을 연구에 적용시키기는 불가능하였다. 셋째, 본 연구에서는 자기공명영상의 여러 횡단면 중 안구의 직경이 가장 큰 단면을 선택하였는데 이는 정확한 안구정중면을 벗

어날 수 있으며 이론상 최대한의 오차는 정중면으로부터 2.5㎜ 벗어날 경우이다. 이 경우에서 안구직경의 오차는 직경 24㎜에서 0.53㎜ 작고 안운동적도 위치의 오차는 평균보다 0.05㎜ 작다.

본 연구에서 안와각의 크기는 안운동각의 크기와 비례관계가 있었으며, 안운동각이 연령이나 성별에 따른 차이가 없다는 결과로 미루어 볼 때, 사시수술을 계획하는 모든 환자에서 안운동각을 측정하기란 실제로 불가능하며 안구의 크기만을 측정하여 외안근 후전의 한계를 고려하여도 무방할 것으로 생각한다. 앞으로 이러한 연구결과를 실제 사시수술에서 적용하여 수술 결과를 비교함으로써 안구운동 제한과 같은 합병증의 발생을 좀더 정확히 예측할 수 있으리라 생각한다.

REFERENCES

1) Tour RL, Asbury T : *Overcorrection of esotropia, following bilateral five-mm medial rectus recession. Am J Ophthalmol* 45 : 644-653, 1958.
2) Jameson PC : *Correction of squint by muscle recession with scleral suturing. Arch Ophthalmol* 51 : 421-425, 1922.
3) Beisner DH : *Reduction of ocular torque by medial rectus recession. Arch Ophthalmol* 85 : 13-17, 1971.
4) Gillies WE, McIndoe A : *Measurement of strabismus eyes with A scan ultrasonography. Aust J Ophthalmol* 9 : 231-232, 1981.
5) Duke-Elder S : *System of ophthalmology, Vol. Ⅱ, The anatomy of the visual system. St. Louis, CV Mosby Co.*, 1961, pp. 78-81.
6) Gillies WE, McIndoe A : *The use of ultrasonography in determining the amount of extraocular muscle surgery in strabismus. Aust J Ophthalmol* 10 : 191-194, 1982.
7) Gillies WE, Hughes A : *Results in 50 cases of strabismus after graduated surgery designed by A scan ultrasonography. Br J Ophthalmol* 68 : 790-795, 1984.
8) Boeder P : *The co-operation of extraocular muscles. Am J Ophthalmol* 51 : 469-481, 1961.
9) Mosely I, Brant-Zawadzki M, Mills C : *Nuclear magnetic resonance imaging of the orbit. Br J Ophthalmol* 67:333-344, 1983.
10) Zimmermann RA, Bilaniuk LT, Yanoff M, Schenck JF, Hart HR, Foster TH, Edelstein WA, Bottomley PA, Redington RW, Hardy CJ : *Orbital magnetic resonance imaging. Am J Ophthalmol* 100 : 312-317, 1985.
11) Byron CS : *Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, Vol 1, St. Louis, The CS Mosby Co.*, 1987, pp. 3-4.
12) Gifford SR : *Position of muscles after operation for strabismus. Arch Ophthalmol* 27 : 443-447, 1942.
13) Jameson PC : *The surgical entity of muscle recession. Arch Ophthalmol* 6 : 329-335, 1931.
14) Lancaster WB : *Terminology in ocular motility and allied subjects. Am J Ophthalmol* 26 : 122-126, 1943.
15) Pratt-Johnson JA, Barlow JM, Tillson G : *Early surgery in intermittent exotropia. Am J Ophthalmol* 84 : 689-694, 1977.
16) Hardesty HH, Boynton JR, Keenan JP : *Treatment of intermittent exotropia. Arch Ophthalmol* 96 : 268-274, 1978.
17) Chandler PA : *Practical considerations concerning choice of operation in convergent squint. Am J Ophthalmol* 34 : 375-385, 1951.
18) Sugar HS : *An evaluation of results in the use of measured recessions correction of horizontal concomitant strabismus. am J Ophthalmol* 35 : 959-967, 1952.
19) Costenbader FD, Bair DR : *Strabismuis surgery : Monocular or binocular? Arch Ophthalmol* 52 : 655-661, 1954.
20) Schlossman A, shier JM : *Criteria for the management of alternating strabismus. Am J Ophthalmol* 39 : 351-358, 1955.
21) von Noorden GK : *Binocular vision and ocular motility, 3rd ed., St. Louis, CV Mosby Co.*, 1985, pp. 445-449.
22) Snell RS, Lemp MA : *Clinical anatomy of the eye, 1st ed., Southern New England, Blackwell scientific publications*, 1989, pp. 12-15.