

## 마비 사시에서의 총건막 이전술의 효과

유태환 · 한승한 · 이경섭

= 요약 =

큰 편위각을 갖는 마비 사시로, 기존의 절제술 혹은 후전술 만으로는 만족스러운 교정 효과를 얻을 수 없어, 총건막 이전술을 시행한 9명의 환자(외직근 마비 4례, 내직근 마비 3례, 두 상전근 마비(double elevator palsy) 2례)를 대상으로 술후 효과와 마비근의 길항근에 대해 시행된 후전술 및 보툴리눔 독소 주입술의 유효성을 평가하였다. 총건막 이전술을 시행 후 정위에서 안구 편위의 교정이 미흡한 경우에 마비근의 길항근에 대한 후전술을 시행하고, 후전술로도 안구 편위의 교정이 만족스럽지 않거나, 지속적인 복시가 있는 경우에서 보툴리눔 독소 주입술을 시행하였다. 6명에서 정면 주시시 10° 이내의 안구 편위 교정 효과를 보였다. 상기 시술 후 만족할 만한 안구 편위의 교정 효과와 양안시 기능의 호전을 얻을 수 있었으며, 전안부 허혈 등의 합병증 없이 안전하게 시행할 수 있었다(한안지 40:228~236, 1999).

= Abstract =

### The Result of Full Tendon Transposition in Paralyzed Strabismus

Tae Hwan Yoo, M.D., Sueng Han Han, M.D., Kyoung Seob Lee, M.D.

Nine patient with paralyzed strabismus of large deviation (Seven patients with lateral rectus or medial rectus muscle palsy and two patients with double elevator palsy) had full tendon transposition procedure. If remained strabismus was large postoperatively, recession of antagonist of paralyzed muscle and botulinum toxin injection was performed respectively. Five patients achieved single binocular vision within central 10 degree of visual

<접수일 : 1998년 6월 23일, 심사통과일 : 1998년 9월 4일>

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발 연구소

Address reprint request to Sueng Han Han, M.D.

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, College of Medicine, Yonsei University #146-92, Dogock-dong, Kangnam-gu, Seoul, Korea

Tel : 82-2-3463-1049, Fax : 82-2-3497-3440

\* 본 논문의 요지는 1998년 제 80차 대한안과학회 춘계학술대회에서 포스터 발표됨.

field. And six patients achieved less than 10 prism diopter of deviation in primary position. Our method compares favorably with previously described transposition procedure for muscle palsy in terms of the amount of correction and the extent of the window of single binocular vision with low risk of anterior ischemia syndrome (J Korean Ophthalmol Soc 40:228~236, 1999).

**Key Words** : Botulinum toxin, Full tendon transposition, Palsy

마비 사시와 같은 특정 방향으로의 안구 운동이 소실된 사시에서는 마비근외의 외안근들을 이전시키는 수술이 필요하다. 외안근의 수축력이 소실된 경우에는 절제술이나 전진술(advancement) 혹은 근육 접치기술(tucking) 등의 방법으로는 안구의 회전을 일으킬 만한 근육의 운동 능력 회복을 기대할 수 없다. 근간막(intermuscular septum)과 제어 인대(check ligament)를 포함한 외안근의 절제술로 안구를 좀 더 바람직한 안위로 이동시킬 수 있겠으나, 마비근의 작용 방향에서의 근섬유의 수축에 의한 안구의 회전 운동을 기대할 수 없다. 따라서 이때에는 정상적인 기능을 보유한 주변의 외안근의 위치를 이동시켜 안구의 작용 범위를 바꿔줌으로써, 이동근이 원래의 근육 작용 방향과 함께 마비근이 담당했던 방향에서도 기능할 수 있도록 해주는 수술이 필요한 것이다. 1898년 Motais가 처음 외안근의 이전술을 시도한 이후 하멜샤임 수술(Hummelsheim's operation), 쟈슨 수술(Jensen's operation), 뉘프 수술(Knapp's operation) 등 많은 수술 기법이 소개되고 발전되었다. 이러한 근육 이전술의 대부분은 외전 신경 마비, 완전 혹은 부분 동안 신경 마비, 두 상전근 마비(double elevator palsy), 두 하전근 마비(double depressor palsy) 중 어느 한 질환의 치료를 위해 시행되었다. 마비에 의한 사시 중 수직 편위와 수평 편위가 동반된 경우에는 안구로부터 3개 혹은 4개의 외안근을 절제시키는 수술이 필요하며, 이 경우 전안부에 심각한 허혈을 일으키는 경우가 자주 경험된다. 또한 제 2 편위(secondary deviation)가 두드러지게 나타나는 경우에서도 3개 혹은 4개의 외안근을 조작해야 하지만, 술후 안위가 적당한 위치로 교정되지 못하는 경우도 간혹 경험하게 된다. 이렇게

사시의 편위각이 크거나 수직 방향과 수평 방향의 사시가 동반되어 있는 경우에는 기존의 근육 이전술외에 부가적인 시술이 시행되어야 한다. 본 연구에서는 총건막 이전술, 마비근의 길항근에 대한 후전술, 그리고 마비근의 길항근에 대한 보투리눔 독소 주입술을 단계적으로 시행하여, 그 효과를 기존에 이미 발표된 다른 근육 이전술들의 결과와 비교하였다. 총건막 이전술은 필요에 따라 이전되는 근육에 후전 및 절제를 동시에 시행하여 수술 받는 근육의 갯수를 최소화하였다.

### 대상 및 방법

1994년 11월부터 1998년 5월까지 신촌 세브란스 병원과 영동 세브란스 병원에서 외안근 마비로 총건막 이전술을 시행받고 3개월 이상 추적 관찰이 가능했던 9명의 환자를 대상으로 하였다. 외직근 마비 4례, 내직근 마비 3례, 두 상전근 마비(double elevator palsy) 2례였다. 남자가 6명이었고, 여자가 3명이었다. 수술 전 교대 프리즘 차폐법을 이용하여 원거리에서 사시각을 측정하여 안구의 편위 정도를 측정했고, 시력, 골드만 시야계를 이용한 양안 단일시의 측정 등을 포함한 일반적인 안과 검사를 시행하였다. 먼저 총건막 이전술을 시행한 후 3개월 이상 추적 관찰하였다. 총건막 이전술은 마비 근육 양측의 2개의 직근들을 절제 후, 6-0 vicryl을 사용하여 티로우 나선(spiral of Tillaux)을 따라 마비근 바로 옆으로 이동시켰다. 이후, 이동 근육의 종지부에서 6.0mm 후방으로 5-0 Dacron을 사용하여 마비근과 이동근들을 각각 서로 봉합하여, 수술의 효과를 증대시켰다. 후전술 및 절제술을 동시에 시행한 경우에는 역시 티로우 나선을 기준으로 시행

**Table 1.** Characteristics of patients & preoperative measurement

Patient	Age (years)	Sex	Vision		Muscle paralyzed	Duration (months)	Etiology	Deviation in Primary (PD)	Antagonist of paralyzed muscle forced duction
			OD	OS					
1	4	M	unchechable		RLR	3	Intracranial tumor	55ET	Negative
2	7	F	20/70	20/70	RLR	19	Trauma	40ET	Negative
3	19	M	20/50	20/20	RMR	27	Trauma	60XT	Negative
4	23	M	20/20	20/70	LLR	16	Trauma	70ET	Negative
5	35	M	20/20	20/20	LLR	24	Stroke	80ET	Negative
6	43	M	20/50	20/50	RMR	8	Trauma	40XT	Negative
7	47	F	20/25	20/30	RMR	36	unknown	35XT	Negative
8	32	F	20/20	20/20	RSR, RIO	-	congenital	30XT, 20LHT	Negative
9	27	M	5/200	20/20	RSR, RIO	-	congenital	55ET, 35LHT	Negative

M: male, F: female, RLR: right lateral rectus muscle, RMR: right medial rectus muscle, LLR: left lateral rectus muscle, RSR: right superior rectus muscle, RIO: right inferior oblique muscle, ET: esotropia, XT: exotropia, LHT: left hypertropia

하였으며, 절제술이 적용된 이동근만 마비근과 5-0 Dacron으로 봉합했다. 총건막 이전술 3개월 후에 시행한 검사상, 정위에서 만족스러운 안구 편위의 교정을 얻지 못한 경우에 있어서 마비근의 길항근에 대한 후전술을 시행하였다. 후전술 2개월 후 시행한 검사에서 안구 편위의 교정이 만족스럽지 않거나, 계속적인 복시를 호소하는 있는 경우에서 보투리눔 독소 주입술을 시행하였다. 독소 주입술은 마비근의 길항근에 대하여 표적 근육 내로 전달될 수 있도록 주사 바늘의 끝으로부터 기록된 전기적 활성을 이용해 외안근에 2.5단위의 보투리눔 독소(Clostridium botulinum type A toxin, ALLERGAN, Ireland)를 주사하는 방법을 사용했다. 최종 시술을 시행한 후 최소 3개월 이상 추적 관찰하였다. 추적 관찰 기간 중, 각각의 총건막 이전술, 절제술 그리고 보투리눔 독소 주입술 전과 시술 후 매 1개월마다 안구의 편위 정도, 시력, 복시의 정도 및 양안 단일시를 측정하였고, 전안부 소견을 관찰하였다. 수술 결과는 최종 검사로 정하였다.

### 결 과

총건막 이전술만 시행받은 경우는 외전근 마비

2안과 내전근 마비 1안이었다. 총건막 이전술후 내전술 및 보투리눔 독소를 주입한 경우는 외전근 마비 1안과 내전근 마비 2안이었다(Table 1). 총건막 이전술후 내전술만 시행한 경우는 두 상전근 마비 2안이었고, 총건막 이전술후 보투리눔 독소를 주입한 경우는 내전근 마비 2안이었다. 총건막 이전술 후, 외안근들을 외직근 주위로 옮긴 경우에는 48-58Δ, 내직근 주위로 옮긴 경우에는 23-35Δ의 교정 효과를 얻을 수 있었으며, 3-6개월의 추적 관찰 기간 중 안구 편위의 변화는 2-10Δ였다(Table 2). 두 상전근 마비의 경우에는 수직 사시와 수평 사시가 동반되어 있었다. 1례에서는 총건막 이전술시 이전근들의 후전술 및 절제술을 동시에 시행하고 2차로 하직근의 후전술을 시행하여 35Δ의 수직 사시 교정 효과 외에 55Δ의 수평사시도 교정할 수 있었다(patient 9). 또 다른 1례에서는 총건막 이전술과 2차 외직근 후전술로 15Δ의 수직 사시와 50Δ의 수평사시가 교정되었다(patient 8). 총건막 이전술 후 후전술 및 보투리눔 독소 주입술을 단계적으로 시행한 후 최종 내원시 시행한 검사상, 총9명 중 5명(55%)에서 만족스러운 양안시 기능의 회복(중양 10도의 시야 내에 양안 단일시 지역이 위치함)을 보였고, 6명(67%)에서 정면 주시시 10Δ 이내의 안구 편

**Table 2.** Measurement of eye ball deviation in primary position after full tendon transposition

Patient	1	2	3	4	5	6	7
1 month	5 ET	5 XT	35 XT	20 ET	25 ET	5 XT	5 XT
3 month	5 ET	10 XT	37 XT <sup>+</sup>	20 ET <sup>+</sup>	30 ET <sup>+</sup>	8 XT	8 XT
5 month		18 XT	20 XT*	6 ET*	10 ET		8 XT*
6-10 month		18 XT	12 XT	5 ET	12 ET		6 XT

<sup>+</sup> : recession of antagonist of paralyzed muscle was done

\* : Botulinum injection of antagonist of paralyzed muscle was done

XT : exotropia, ET : esotropia

**Table 3.** Postoperative measurement

Patient	Full tendon Transposition	Recession of antagonist muscle	Botulinum Injection on Antagonist muscle	Postop. Deviation in primary(PD)*	SBV Central 10 degree <sup>†</sup>	F/U from last procedure (months)*
1	RSR, RIR	-	-	5ET	-	3
2	RSR, RIR	-	-	18XT	-	6
3	RSR, RIR	RLR 10.0mm	RLR 2.5unit	12XT	+	3
4	LSR, LIR	RMR 6.5mm	LMR 2.5unit	5ET	+	5
5	LSR, LIR	LMR 7.5mm	-	12ET	-	4
6	RSR, RIR	-	-	8XT	+	4
7	RSR, RIR	-	RLR 2.5unit	6XT	+	6
8	RLR, RMR	LLR 10.0mm	-	5LHT	+	3
9	RMR with 6.0mm Recession, RLR with 8.0mm Resection	RIR 6.0mm	-	Straight	-	3

\* : eye ball deviation checked at last hospital visit

<sup>†</sup> : single binocular vision in central 10 degree at last hospital visit

\* : follow up period from last surgical procedure or Botulinum injection

RLR : right lateral rectus muscle, RMR:right medial rectus muscle, LLR:left lateral rectus muscle, LMR : left medial rectus muscle, RSR:right superior rectus muscle, RIR:right inferior rectus muscle, LSR : left superior rectus muscle, LIR:left inferior rectus muscle, RIO: right inferior oblique muscle, ET : esotropia, XT:exotropia, LHT:left hypertropia

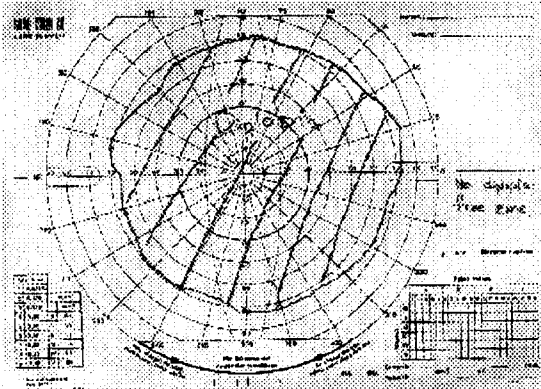
위 교정효과를 보였다(Table 3, Fig. 1,2). 전안부 허혈은 전례에서 관찰되지 않았다.

### 고 찰

1907년 Hummelsheim이 그의 근육 이전술을

발표한 후, 그의 수술은 외안근 이전술의 원형이 되었고, 이것으로부터 많은 시술법이 변형 발전되었다. Hummelsheim은 외안근 이전술의 창시자로 알려졌다<sup>1)</sup>. O'Conner<sup>2)</sup>, Wiener<sup>3)</sup>, Hildreth<sup>4)</sup>, Costenbader<sup>5)</sup>, Berens<sup>6)</sup>, Jensen<sup>7)</sup>, Schillinger<sup>8)</sup>, Uribe<sup>9)</sup>, 그리고 Knapp<sup>10)</sup> 등이 하

preoperative finding



postoperative finding

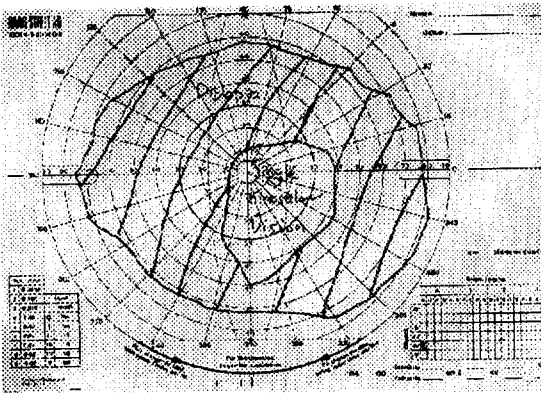


Fig. 1. Improved binocular single vision in patient 7

멜샤임 수술법으로 부터 각자의 독특한 수술법으로 변형시켜 소개하였다. Hummelsheim이 처음 외전 신경 마비로 인한 사시환자에 적용했던 수술 기법은 상직근과 하직근의 종지부를 근육의 외측부 반만을 분리하여 이동시키는 것이었다. 그러나 만족스러운 외전 기능의 회복이 없었고, 첫 도입 후 약 60년간의 수술 기법의 변형과 시도에도 불구하고 술후 결과가 좋지 못했다<sup>1)</sup>. 1921년 O'Conner는 하직근과 상직근의 근육 모두를 완전 절제후 마비된 외직근 옆으로 이동시키는 수술을 소개하였다. 이 방법에서는 마비안의 외전 기능을 좀 더 향상시킬 수 있었으나, 수직 편위가 발생되거나 혹은 이미 있던 수직 편위가 심해지는 문제를 보였다<sup>2)</sup>.

1964년 Jensen에 의해 소개된 쟈슨 수술법은 그 후 전안부 허혈의 위험을 줄이면서 외전기능의 회복을 기대할 수 있는 기법으로 평가되었다. 먼저 마비근의 길항근인 내직근을 후전시킨 후, 상직근과 하직근을 절제하지 않고, 근섬유를 내측과 외측 두 부분으로 분리시켜 마비근의 이미 분리된 상측과 하측의 근 섬유 다발들과 융합하여 묶어 주는 방법이 처음 Jensen이 발표한 수술 방법이었다<sup>7)</sup>. 그러나 이 방법에서도 전안부 허혈의 증례가 보고된 바 있고<sup>11-13)</sup>, 근육을 두가닥으로 분리하는 과정이 매우 어렵고 이 과정에서 심한 출혈이 생길 수 있는 단점이 있었다.

1959년 Schillinger는 외전근 마비에서 상직근과 하직근을 완전히 절제한 후 이들 근육의 원래 종지부와 외직근의 종지부 사이에서 티로우 나선을 따라 공막에 이 두근육을 융합해 주는 방법을 소개하였다<sup>8)</sup>. 이 방법은 우리가 시행하였던 총건막 이전술의 방법과 거의 유사하다. 단지 총건막 이전술은 이동근들이 마비근 작용 방향에서 좀더 잘 작용할 수 있도록 종지부에서 6.0mm 떨어져 한번 더 두 근육들을 연결시켜 주었을 뿐이다. 이전근들의 후전술 및 절제술을 같이 해준 경우에서도 수술중 큰 어려움이 없고, 근 주위 조직에 대한 부가적인 조작도 필요없다.

1991년 Buckley등은 8명의 마비 사시 환자에서 이동근의 절제 및 후전을 포함한 총건막 이전술의 1회 수술만으로 술 후 7명이 정위에서 융합이 가능했고, 회선 사시나 전안부 허혈 없이 좋은 수술 결과를 보고하였다<sup>14)</sup>. 1990년 McManaway등은 완전 외전 신경 마비 환자에서 상직근과 하직근을 총건막 이전술로 이동시키면서 수술 중 보투리늄 독소를 내직근에 주입하여 그 결과를 보고한 바 있다. 이때 양안 단일시의 범위가 중앙에 넓은 범위로 위치되고, 전안부 허혈의 위험의 빈도를 줄이면서 쉽게 수술할 수 있음을 보고하였다<sup>15)</sup>.

최근에는 외전 신경 마비에 있어서, 총건막 이전술이 쟈슨 수술 보다 선호되는 추세이다<sup>16)</sup>. 이는 수술 방법이 비교적 간단하고, 재 수술시 접근이 용이하며, 또한 제 3근육에 대한 수술을 추후 시간 간격을 두어 시행하거나 보투리늄 독소를 이

— 유태환 외 : 총건막 이전술의 효과 —  
preoperative status

**Fig. 2.** Photographs of ocular alignment of patient 9

용한 방법을 사용하여 전안부 허혈의 부작용을 줄일 수 있었기에 가능하였다.

본 연구 대상 중 외전 신경 마비 환자 4명 중 2명에서 총건막 이전술만이 시행되었고, 1명에서는 보투리눔 독소 주입술, 나머지 1명에서는 내전근의 후전술과 보투리눔 독소 주입술이 시행되었다. 이들 4명의 술후 편위각이 평균 60.25Δ (안구 편위량의 103%)로 이전의 다른 시술에서의 사시 교정 효과와 비교할 만한 결과이다(Table 4).

사람에 있어서 직근의 수술후 언제 그리고 어떻게 홍채와 주변부에 혈액 순환이 정상화 되는지에 대한 정확한 보고는 아직 없다. Viridi와 Hayreh는 성인 원숭이를 대상으로한 실험에서 상직근과 하직근 그리고 내직근을 후전시킨 후 홍채 형광 혈관 조영술을 시행해 본 바 시술 후 5-62일 후에 홍채의 혈류가 복구됨을 보고하였다. 이는 측부 혈관의 발생에 의한 것이라고 유추 한 바 있다<sup>17)</sup>. 따라서 사람의 경우에서도 상직근과 하직근만을 절제한다면 7-21일내로 전안부에 공급되는 혈류의 흐름이 정상화 될 것으로 생각된다. 이러한 사실로 보아 총건막 이전술 몇달 후의 길항근에 대한 후전술의 시행은 안전하며, 심각한 전안부 허혈의 위험은 없을 것으로 사료된다.

보투리눔 독소는 근 신경 접합부에서 아세틸 콜린의 분비를 막는 기전으로 작용한다<sup>18)</sup>. 외안근은

두가지 경로의 신경에 의해 지배되며, 이는 단 섬유 신경 경로(singly innervated fibers)와 다 섬유 신경 경로(Multifuly innervated fibers)이다<sup>19)</sup>. 보투리눔 독소는 단 섬유 신경 경로에 특이성을 갖고 작용하여 장기간의 변화를 초래한다<sup>20)</sup>. 또한 외안근의 수동 경직(passive stiffness) 정도에 변화를 주어 영구적인 근육 기능의 변화를 초래시키는 것으로 알려졌다<sup>21)</sup>.

동안 신경 마비에 의한 사시의 경우 6개의 외안근 중 4개의 작용을 강화시켜야 하기에 수술 후 결과 예측이 더욱 어렵고, 따라서 수술의 목적도 주로 원거리 주시시 안구를 정위에 유지시키는데 있게 된다. 두 상전근 마비의 경우에는 수직 및 수평 그리고 회전 사시를 동시에 교정해야 하는 어려움이 있다<sup>22)</sup>.

본 연구에서는 큰 편위각을 갖거나, 수평 사시와 수직 사시가 동반된 마비 사시의 경우에 있어서 총건막 이전술, 마비근의 길항근에 대한 후전술 그리고 보투리눔 독소 주입술을 단계적으로 3개월 이상의 기간을 두어 시행하는 방법으로 만족스러운 안구 편위의 교정 효과와 양안시 기능의 호전을 얻을 수 있었으며, 전안부 허혈 등의 합병증 없이 안전하게 시행할 수 있음을 알 수 있다. 특히 많은 양의 수평 및 수직 사시가 혼재된 경우도 총건막 이전술시 이동근을 후전 및 절제를 동

**Table 4.** Comparison of results of method of treating unilateral acquired sixth nerve paralysis

Author	Method	No. of patients	Average change in position	
			Prism diopters	Percent
Jensen <sup>7)</sup>	Jensen	6	29.2	108
Selezinka <sup>23)</sup>	Jensen	11	55.2	97.3
Freuh <sup>24)</sup>	Jensen	4	32.5	81.6
Cline <sup>25)</sup>	Jensen	10	55.2	91.8
Berens <sup>6)</sup>	Hummelsheim	1	40	100
Gifford <sup>26)</sup>	Hummelsheim	4	38.0	100
Rosenbaum <sup>27)</sup>	Full tendon transposition + medial rectus recession	8	-	-
Rosenbaum <sup>16)</sup>	Full tendon transposition + medial rectus Botox	8	55	90
McManaway <sup>15)</sup>	Full tendon transposition + medial rectus Botox	6	36	96.7

시에 시행해줌으로써 수술 받는 근육의 수를 줄이면서 좋은 수술 결과를 얻을 수 있다.

## REFERENCES

- 1) Hummelsheim E : *Weitere Erfahrungen mit partieller Sehnenuberpfanzung an den Augenmuskeln. Arch. fur Augenheilk* 62:71-74, 1908-1909.
- 2) O'Conner R : *Transplantation of ocular muscles. Am J. Ophthalmol* 4:838-845, 1921.
- 3) Wiener M, Scheie HG : *Surgery of the Eye (3rd ed). New York, Grune & Stratton, 1952, P. 402.*
- 4) Hildreth HR : *The tendon-transposition operation. Am J. Ophthalmol* 36:1267-1270, 1953.
- 5) Costenbader FD : *In J.H.Allen(ed), strabismus ophthalmic symposium 2. The C. V. Mosby Company, St. Louis, 1958, P. 502.*
- 6) Berens C, Girard LJ : *Transplantation of the superior and inferior rectus muscles for paralysis of the lateral rectus. Am J. Ophthalmol* 33:1041-1049, 1950.
- 7) Jensen CDF : *Rectus muscle union: a new operation for paralysis of the rectus muscles Trans. Pacif. Coast Otoophthal. Soc* 45:359-384, 1964.
- 8) Schillingier RJ : *A new type of tendon transplant operation for abducens paralysis, J. Intern. Coll. Surgt* 31:593-600, 1968.
- 9) Uribe LE : *Muscle transplantation in ocular paralysis Am J. Ophthalmol* 65:601-607, 1968.
- 10) Knapp P : *The surgical treatment of double elevator palsy Am Ophthalmol. Soc* 67:304-323, 1969.
- 11) Frey T : *Anterior segment ischemia caused by Jensens procedure J. ocular Ther Surg* 3:242-245, 1985.
- 12) France RD, Simon JW : *Anterior segment ischemia syndrome following muscle surgery J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 23:87-91, 1986.
- 13) Saunders RA, Sandall GS : *Anterior segment ischemia syndrome following rectus muscle transposition. Am J. Ophthalmol* 93:34-38, 1982.
- 14) Edward GB, Lois MT : *A simple transposition procedure for complicated strabismus Am J. Ophthalmol* 111: 302-306, 1991.
- 15) James W. McManaway III, Edward G. Buckley, Michael CB : *Vertical rectus muscle transposition with intraoperative botulinum injection for treatment of chronic sixth nerve palsy Graefes Arch Ophthalmol* 228:401-406, 1990.
- 16) Arthur LR, Burton JK, David K : *Vertical rectus muscle transposition and Toxin (Oculinum) to medial rectus for abducens palsy Arch Ophthalmol* 107:820-823, 1989.
- 17) Virdi PS, Hayreh SS : *Anterior segment ischemia syndrome after recession of various recti: an experimental study Ophthalmology* 94:1258-1271, 1987.
- 18) Horn AKE, Porter JD, Evinger C : *Botulinum toxin paralysis of the orbicularis oculi muscle: time course of changes in muscle structure, physiology, and lid kinematics Exp Brain Res* 96:39-53, 1993.
- 19) Porter JD : *Extraocular muscle Surv Ophthalmol* 39:451-484, 1995.
- 20) Spencer RF, McNeer KW : *Botulinum toxin paralysis of adult monkey extraocular muscle: structural alterations in orbital, singly innervated fibers Arch. Ophthalmol* 105:1703-1711, 1987.
- 21) King WM, Yeaple RN, Metz H : *Orbital stiffness changes induced by injection of botulinum toxin into simian extraocular muscles. In: Keller EL, Zee DS(eds). Adaptive Processes in Visual and Oculomotor Systems. Oxford, England: Pergamon Press, 1986. pp. 21-25.*
- 22) Eugene MH : *Muscle transposition procedure Surv. Ophthalmol* 16: 92-97, 1971.
- 23) Selezinka W, Sandall GS, Henderson JW : *Rectus muscle union in sixth nerve paralysis Arch Ophthalmol* 92:382-386, 1974.
- 24) Freuh BR, Henderson JW : *Rectus muscle union in sixth nerve paralysis Arch Ophthalmol* 85:191-196, 1971.
- 25) Cline RA, Scott WE : *Long term follow-up of jensen procedures J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 26:264-269, 1988.
- 26) Gifford SR : *Tendon transposition for paralysis of the external rectus muscle Arch Oph-*



*thalmol* 24:916-923, 1940.

27) Rosenbaum AL, Foster RS, Ballard E, Rosales T, Gruenberg P, Choy A : *Complete superior nad inferior rectus transposition with adjustable medial rectus recession for*

*abducens palsy. In: Reinecke R (ed) strabismus II: proceedings of the Fourth Meeting of the International Strabismological Association. Grune & Stratton, Orlando, 1984, pp. 599-605.*