

난치성 간질 치료를 위한 뇌량 절제술의 결과

Outcome after Corpus Callosotomy in Intractable Epilepsy

이현욱¹ · 홍승철¹ · 홍승봉² · 서대원² · 이문향³ · 김종현¹

Hyun Wook Lee, M.D.¹, Seung-Chyul Hong, M.D.¹, Seung Bong Hong, M.D.²,
Dae Won Seo, M.D.², Moonhyang Lee, M.D.³ and Jong Hyun Kim, M.D.¹

ABSTRACT

Background : The authors present the results of a series of corpus callosotomies in 6 patients performed from 1998 to 2001 at the Samsung Medical Center. **Methods** : Patients with medically intractable seizures, frequent drop attacks, poorly localized partial seizures with secondary generalization and generalized seizures were accepted as candidates (patients aged 14–29 years, 3 male and 3 female, with mean age at surgery of 18.6 years). Preoperatively, the frequency of seizures ranged from 2 to 600 per month. The standard microsurgical technique performed was a corpus callosotomy by the same surgeon under general anesthesia (anterior two-thirds corpus callosotomy was done in 4 cases, total callosotomy was done in 2 cases). In two cases, an additional cortical resection after electrocorticography using subdural electrode monitoring was carried out. The results were evaluated after a mean follow-up of 22 months (range, 4–34). We evaluated the effect of surgery according to the Engel classification. **Results** : Complete freedom from seizures was noted in 2 cases (33%). More than 75% of reduction in seizure frequency was noted in 3 cases (50%). There was no significant reduction in frequency of seizure in one case. The highest rate of significant improvement was noted in the patients with drop attacks (75%(3/4)) and generalized tonic-clonic seizures (75%(3/4)). In one patient, pseudoaneurysm was complicated postoperatively but successful treatment was performed by endovascular procedure. Otherwise, there were no major postoperative complications except for brief mutism, slow activity and abnormal movement of one leg during the several weeks postoperatively. **Conclusion** : We conclude that corpus callosotomy is a safe alternative treatment for the medically intractable seizures, especially drop attack and generalized epilepsy. (*J Korean Epilep Soc* 6 : 15-19, 2002)

KEY WORDS : Callosotomy · Corpus callosum · Outcome.

서론

뇌량 절제술은 1931년 Dandy 등¹⁾에 의해 처음 보고되었으나 간질 치료를 위한 것이 아니라 단순히 낭종 제거를 위한 수술적 접근을 목적으로 시도되었다. 그 후 간질과 연관된 뇌량 절제술의 연구는 1940년 Van Wagenen과 Herren²⁾에 의해 이루어졌는데 그들은 10명의 중앙환자들에 대해 뇌량 절제술을 시행하였고 그로 인해 간질 증상이 호전되었음을 발표하였다. 그 같은 해에 Erickson³⁾은 원숭이의 대

뇌 피질을 대상으로 뇌량 절제술 전후 전기 자극의 전파를 연구하였고 뇌량 절제술을 통해 전기 자극에 의해 발생하는 간대성 발작을 한 쪽 반구에 국한시킬 수 있음을 발견하였다. 이러한 이론적 배경 이후 Wilson 등⁴⁾이 난치성 간질에 뇌량 절제가 효과적이며 그 이유를 부분적으로나마 설명하였다. 즉 뇌량 절제술을 통해 간질과 뇌량을 통하여 대뇌 반구간 전파되는 것을 차단함으로써 간질의 확대를 막는 것이다.

간질 환자중 약 20~25%의 환자가 내과적 치료에 반응하지 않는 난치성 간질환자로 분류되고 있으며 그런 환자들에 있어서 간질 수술은 하나의 유용한 치료법으로 간주되고 있다. 특히 국소 절제나 반구 절제술이 부적당한 환자의 경우에 있어서 뇌량 절제술이 하나의 대안이며 다발성의 병변이 있거나 eloquent area에 병소가 있는 경우에 간질 발작의 횡수를 줄일 목적으로 뇌량 절제술이 시행되기도 한다. 또한 뇌량 절제술은 반구 절제술에 비해 상대적으로 수술

¹성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경외과학교실, ²신경과학교실, ³소아과학교실

Departments of Neurosurgery,¹ Neurology² and Pediatrics,³ Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

교신저자 : 홍승철, 135-710 서울 강남구 인원동 50번지
TEL : (02) 3410-3493 · FAX : (02) 3410-0048
E-mail : schong@smc.samsung.co.kr

적 합병증의 위험이 적어 국소 절제가 불가능한 경우의 간질 환자에 있어서 새로운 치료법으로 받아들여지고 있다. 그러나 난치성 간질환자는 다양한 간질양상을 동시에 가지고 있는 경우가 많아 뇌량 절제술의 효과에 있어서는 아직 논란의 여지가 있다. 많은 보고에서 drop attack에 대해서는 효과가 있다고 인정하지만 전신성 대발작이나 복합 부분 발작 혹은 absence seizure에 있어서 뇌량 절제술의 효과는 아직 정확히 확립되지 않은 것으로 알려져 있다.²⁵⁻²⁹

본원에서는 최근 6년 동안 복잡하고 다양한 간질 형태를 가진 6명의 난치성 간질 환자에 대해 뇌량 절제술을 시행하였으며 그 결과를 분석함으로써 이 수술법의 효용성과 정확한 적응증을 연구하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 1994년 12월부터 2000년 12월까지 본원에서 시행한 간질 수술 총 370에 중 난치성 간질로 인해 뇌량 절제술을 시행 받고 1년 이상 추적관찰이 가능하였던 6명의 환자(1.62%)를 대상으로 입원 및 외래의무기록을 참조하여 검사소견, 수술소견, 수술 전후 간질 양상 및 전신상태를 후향적으로 조사하였다. 대상 환자들의 나이는 14에서 29세로 평균 19.6세였고 남녀 비는 3대 3이었으며 3명의 환자에서 평균 지능 지수 45정도의 지능 저하를 동반하고 있었다. 추적 관찰 기간은 13개월에서 39개월로 평균 관찰 기간은 22개월이었다.

저자들은 뇌량 절제술의 환자선택 기준을 내과적인 치료에 반응하지 않거나 잦은 drop attack, 전신성 발작이 있는 경우 또 부분 발작이 이차적으로 점진화하지만 제만 검사상 국소화가 안되거나 매우 불규칙한 경우를 대상으로 하였다.

2. 수술 전 사전검사

모든 예에서 자기 공명 영상과 SPECT, 비디오 뇌파 검사를 시행하여 구조적 병변 유무, 뇌혈류 변화 및 간질 양상을 파악하였다. 5예에서 PET, 3예에서 Wada test, 3예에서 신경심리 검사를 시행하였으며 추가적인 국소 병변이 의심되는 4예에서는 경막하 전극 삽입술을 통하여 국소 병변의 유무 및 위치를 확인하였다.

3. 수술 방법

뇌량 절제술을 위한 수술은 전신 마취 하에서 두개골을 고정 후 양와위에서 관상봉합에 평행하도록 두피를 절개하고 접근하고자 하는 방향을 중심으로 4개의 천공을 뚫고 개두술을 실시한 후 대뇌 반구 사이로 접근하여 양측 뇌량

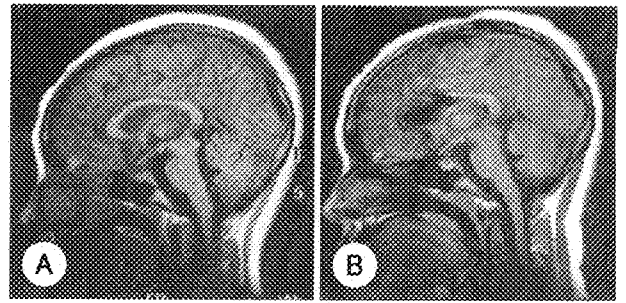


Fig. 1. A : Preoperative sagittal MRI of 20 year-old woman with medically intractable epilepsy. B : Postoperative sagittal MRI after anterior callosotomy.

주위 동맥을 확인 후 그 사이에서 뇌량을 절제하였다. 2예에서는 완전 절제술(1예는 1 stage, 1예는 2 stage)을 시행하였으며 4예에서는 앞쪽 2/3만을 절제하는 전 뇌량 절제술을 시행하였다. 4예에서는 뇌량 절제술 전에 경막하전극 삽입술을 시행하였고 이 중 2예에서는 간질파가 발견되는 부위를 중심으로 추가적인 대뇌 피질 절제술을 병행하였다.

4. 수술 전 간질 양상 및 수술 후 평가

대상 환자들의 간질 발작은 14~29세(평균 19.6세)에서 시작되었으며 간질 발작의 횟수는 적게는 한달 2회 많게는 하루 30회까지 다양한 분포를 보였다. 간질 발작의 유행기간은 4년에서 28년으로 평균 13년이었다. 모든 환자가 2종류 이상의 다양한 간질 발작 형태를 가지고 있었으며 간질 양상의 분류는 환자의 문진 및 뇌파 검사를 통해 ILAE(International League Against Epilepsy)에 따라 분류하였다. 저자들은 신체적 위해를 일으키는 긴장성 발작(tonic seizure), 무긴장성 발작(atonic seizure)을 drop attack으로 포함하여 분류하여 drop attack, 전신성 근간대 발작, 복합 부분 발작, 단순 부분 발작, absence seizure 등으로 나누었다. 수술 후 1~2일은 중환자실에서 의식변화, 신경결손 유무를 관찰하였고, 그 다음날 전산화단층촬영을 시행하여 술후 출혈, 부종등의 유무를 평가하였다. 수술 후 항경련제의 약물농도를 측정하면서 정맥약물의 용량을 조절하다가 경구용으로 바꿔 퇴원하였고, 외래에서 추적관찰하였다. 수술의 효과는 외래에서 1년 이상 추적 관찰 이후 간질 발작의 양상, 횟수, 정도에 따라 Engel 분류를 사용하여 평가하였다.

결 과

1. 수술 성적 및 수술 후 간질 양상

Engel 분류에 따라 수술 성적을 분석하였으며 전체적인

Table 1. Summary of 6 cases

Case	Seizure type	Operative method		Outcome (Engel class)
		First operation	Second operation	
1	GTCS & drop attack	Subdural electrode insertion	Anterior 2/3 callosotomy & further cortical resection	I
2	GTCS & absence seizure	Subdural	Anterior 2/3 callosotomy electrode insertion	I
3	DROP ATTACK	Subdural electrode insertion	Total callosotomy	II
4	DROP ATTACK	Anterior 2/3 callosotomy	Total callosotomy	II
5	GTCS & SPS	Subdural electrode insertion	Anterior 2/3 callosotomy & further cortical resection	III
6	GTCS & drop attack	Anterior 2/3 callosotomy		IV

GTCS : generalized tonic-clonic seizure, SPS : simple partial seizure

간질 발작의 관해 효과는 Engel Class I 이 2예, Engel Class II가 2예, Engel Class III이 1예, Engel Class IV가 1예로 5예에서 수술에 대해 효과가 있는 것으로 판명되었다. 그러나 간질 발작의 형태에 따라 각각 다른 결과를 보였는데 먼저 Class I의 관해 효과를 보인 환자는 전신성 근간대 발작과 drop attack을 같이 보였던 환자와 전신성 근간대 발작과 absence seizure를 동시에 지닌 환자였으며 각각의 간질 발작에 대해 모두 수술 효과가 좋았다. Class II의 관해 효과를 보인 두 환자는 모두 drop attack 양상의 간질 발작을 지닌 환자였으며 뇌량 절제술 후 Engel Class III을 보였던 환자의 경우는 수술 전 전신성 근간대 발작과 부분 발작을 동시에 보였던 환자로 수술 후에 전신성 근간대 발작은 Class I으로 완전 관해되었으나 부분 발작의 경우는 Class III으로 상대적으로 관해효과가 적었다. 수술 후 Class IV로 간질 발작이 줄어들지 않았던 환자는 1차로 전 뇌량 절제술을 시행했던 환자로 tonic seizure와 전신성 근간대 발작을 동시에 가지고 있었으며 한번 간질 발작시 10~15회 정도 몰아서하는 cluster 양상을 보였던 경우로 수술 후에도 간질 발작이 줄지 않아 추후 완전 절제술을 고려하고 있다.

뇌량 절제술 전 경막하 전극 삽입술을 시행하였던 4예 중 2예에서는 active polyspike and wave 및 bilateral synchronous polyspike and wave 등의 국소 병변이 발견되어 피질 절제술도 동반하여 시행하였으며 병리 검사상 2예 모두 mild cortical dyslamination으로 판명되었다.

2. 수술 부작용

6예의 수술 환자 중 2예에서는 일시적인 무언증, 1예에서는 운동 저하증이 관찰되었으나 모든 예에서 수술 후 수주 이내에 보존적 요법만으로 자연 회복되었다. 1예에서는 한쪽 다리가 실조성 자세(dystonic posture)를 취하는 이상 운동증이 유발되었으나 내과적인 요법으로 수술 4주 후에 소실되었으며, 또 다른 1예에서는 수술후 8일째 심한 두통을 호소하여 뇌전산화 촬영 결과 소량의 뇌실질 및 뇌실내

출혈이 발견되었다. 수술부위와 연관되어 발생된 지연성 출혈이었고 또한 혈관 손상의 가능성을 배제할 수 없어 뇌혈관 조영술을 시행하였으며 그 결과 오른쪽 전뇌 동맥에 가상 뇌동맥류(pseudoaneurysm)가 발견되었고 혈관내 색전술을 이용해 치료하였다.

3. 수술 결과와 예후 인자

수술 결과에 영향을 주는 요인을 파악하기 위해 간질 발작의 시작 나이, 간질 발작의 유병기간, 수술 전 지능 저하의 유무 및 수술 시 연령을 20세 이전(3 case)과 20세 이후(3 case)로 각각 구분하여 각 집단을 비교 분석하였으나 수술 효과의 차이는 없었다. 특히 본 연구 대상환자 중 3명이 지능 저하(평균 IQ=45)를 동반하고 있었으며 이중 2예에서 각각 Class I과 Class II로 수술효과가 좋은 것으로 나타났다.

고 찰

뇌의 양쪽 반구를 연결하는 중요한 경로로는 전미교차, 후미교차, 뇌량, hippocampal commissure, massa intermedia of thalamus, fornix 등 6개 정도를 들 수 있다. 뇌량은 약 2억개의 신경 섬유소로 이루어져 있으며 이중 60% 이상은 fast-conduction myelinated fiber로 구성된다. 뇌량 절제술은 특히 2차성 전신 발작의 경우 뇌량이 양 대뇌 반구간의 간질과 전파에 있어서 가장 중요한 경로가 된다는 가설을 바탕으로 그 효과를 예측해 왔다. Curtis¹⁰⁾는 대뇌의 한 부위를 자극시 반대 측 대뇌에 유발 전위가 발생한다는 것을 보고하였고 Crowell과 Ajmone Marsan¹¹⁾은 한쪽 대뇌 피질의 간질파가 대등한 반대측 대뇌 반구의 신경세포에서도 나타나는 것을 관찰하고 간질파가 한쪽 대뇌 피질에서 발생하면 반대측 대뇌반구로 전이하여 간질 발작의 동질화가 일어난다고 주장하였다. 1940년 Erickson³⁾은 원숭이를 모델로 하여 뇌량을 절제함으로써 양쪽 대뇌 반구간의 유발 전위 전파를 막을 수 있다는 연구를 발표하였으며 이러한 연

구 결과 이후 임상적으로 Bogen,¹²⁾ Wilson 등⁴⁾ 여러 저자들에게 의해 뇌량 절제술이 간질 발작을 줄이는 데에 도움이 될 수 있음이 확인되었다.

뇌량 절제술은 뇌량 절제 자체에 따른 외과적인 합병증뿐만 아니라 양 반구간의 길항 효과를 제거함으로써 새로운 형태의 간질을 유발할 수 있다는 보고⁹⁾가 있으며 간질의 종류와 정도에 따라 다른 수술 예후를 보인다. 또한 현재까지 알려진 뇌량 절제술의 적응증 및 예후 인자들은 저자들마다 주장하는 바에 상충되는 면이 있어 상대적인 것으로 받아들여지고 있는 추세이고 뇌량 절제술의 대상이 되는 환자들은 다른 약물 치료에 의해 간질발작이 조절될 가능성이 있는지 여부를 확인할 수 없기 때문에 엄격한 환자 선택이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 뇌량 절제술의 대상이 되는 환자는 항경련제로 잘 조절되지 않는 난치성의 전신 발작 혹은 국소간질이 이차적으로 전신화 하는 경우이다. 특히 무긴장성 발작, 긴장성 발작, 또는 긴장성-무긴장성 발작 같은 drop attack을 유발하는 경우가 뇌량 절제술의 가장 좋은 적응증으로 알려져 있다.^{2,9)} 현재까지 보고된 바에 의하면 단순 부분 발작이나 복합 부분 발작에는 뇌량 절제술의 효과가 미미한 것으로 알려져 있으며⁵⁻⁸⁾ 본 연구에서도 같은 결과를 보였다. 전신 대발작에 대한 수술 효과는 저자들간에 차이가 있으나 비교적 좋은 결과를 보이는 보고가 많다.^{6,7)} 본 연구에서도 drop attack의 경우(4예중 Class I ; 1예, Class II ; 2예, Class IV ; 1예)와 GTC의 경우(4예중 Class I ; 3예, Class IV ; 1예) 모두 75%에서 좋은 결과를 보였으나 단순 부분 발작(1예, Class III) 경우는 상대적으로 결과가 좋지 않았다. absence seizure의 경우 저자들의 경우에선 수술 후 Class I으로 좋은 결과를 보였으나 본 연구에서는 absence seizure, 단순 부분 발작을 가진 대상 환자의 수가 적어 과연 뇌량 절제술이 absence seizure나 부분 발작에 대해 어느 정도의 효과를 보이는지 정확히 분석할 수는 없었다. 뇌량 절제술 환자를 선택하는 기준에 있어서 지능 저하는 보통 수술 후 나쁜 예후를 보여 금기증으로 알려져 왔다. Reutens 등¹³⁾은 반신마비, 혼란 국소 발작, 국소적 방사선학적 이상, 심한 지능 저하 등의 임상적인 결과 예측 인자 중 유일하게 심한 지능 저하가 나쁜 수술 결과와 연관이 있었다고 보고하였다. 그러나 이러한 보고는 통계적으로 유의한 것은 아니었으며 본 연구에서는 지능 저하를 보였던 3명의 경우 수술 전 지능과 수술 결과와의 직접적인 연관성은 발견할 수 없었고 지능 저하 환자라고 해서 특별히 합병증의 발생이 더 높지는 않았다. 또한 Wyler 등¹¹⁾은 지능 저하 자체가 뇌량 절제술 후 나쁜 예후를 반영하는 것이 아님을 주장하여 지능

저하와 뇌량 절제술 후 예후와의 상관관계는 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다. 또 일부 저자들은 발작이 시작된 연령이 어릴수록 또 간질 발작의 기간이 짧을수록 빨리 수술적 치료를 함으로 뇌량 절제에 따른 영향이 적고 장기적인 정신-사회학적 예후가 좋다고 주장하고 있으나¹⁵⁾ Rossi 등은 발작 시작된 연령과 수술 예후와는 별 상관없이 없음을 보고하였고⁷⁾ 저자들의 경우에도 간질 발작의 시작 나이, 간질 발작의 유병기간 및 수술 당시의 연령은 수술효과와 직접적인 연관성은 없었다.

본 연구는 다른 저자들의 보고에 비해 전체 간질 수술 중에서 뇌량 절제술이 차지하는 비율(1.62%)이 상대적으로 적지만 이는 성인에 비해 상대적으로 뇌량 절제술을 시행받을 확률이 많은 소아 간질 환자의 비율이 적고 뇌량 절제술 대상 환자 선정에 있어 좁은 적응증을 적용한 것에서 기인한 것이라 사료된다.

뇌량 절제술의 절제범위와 방법에 있어서 아직 명확히 확립된 바는 없다. 1940년 Wagenen²⁾은 fornix의 포함여부와는 상관없이 뇌량의 부분 혹은 완전 절제술을 시행하였고 이후 Bogen과 Volgen¹²⁾이 anterior commisurotomy와 부분 혹은 완전 뇌량 절제술을 동반 실시하여 보고하였다. 나중에 Bogen은 massa intermedia와 hippocampal commissure, anterior commissure의 일부를 포함한 완전 뇌량 절제술을 실시하여 보고하였고 Wilson 등⁴⁾은 hippocampal commissure와 뇌량 전체를 포함하는 central commisurotomy를 시행한 반면 Wyler 등¹⁴⁾은 뇌량의 완전 절제보다는 splenium의 일부를 남기는 약 80~85% 정도의 뇌량 절제술을 주장하였다. 그러나 이러한 여러 가지 방법의 뇌량 절제술 중 많은 저자들이 1) 간질 전파에 있어서 뇌량은 가장 중요한 경로이고 2) tonic, tonic-clonic convulsion, atonic drop의 전신화에 있어 중요한 양쪽 prefrontal과 frontal region을 뇌량의 앞쪽 2/3가 연결하며¹⁴⁾ 3) 전 뇌량 절제술은 coordinated brain function에 필요한 반구간 신경섬유소를 보존할 수 있으며 또 완전 뇌량 절제술 후 야기될 수 있는 합병증의 위험부담을 줄일 수 있고 4) 부분 절제술과 완전 절제술간의 수술적 예후 차이가 거의 없다¹⁶⁾는 점을 들어 전 뇌량 절제술을 선호하며 가장 많이 시행되고 있으나 간질 발작을 줄이는 데 필요한 절제의 범위는 아직도 논란이 있다. 그러나 절제 범위가 광범위할수록 간질 발작의 조절 효과가 큰 반면 disconnection syndrome 같은 합병증의 가능성은 높은 것으로 보고되고 있다.¹³⁾¹⁵⁾¹⁷⁻¹⁹⁾ 저자들의 경우는 증상이 상대적으로 경한 경우는 1차로 전 뇌량 절제술을 시행하였고 상대적으로 간질 발작의 양상이 심한 경우는 처음부터 완전 뇌량 절제술을

시행하였으며 전 뇌량 절제술 후 간질의 관해 정도에 따라 추후로 2차적인 완전 절제술을 계획하였다. 이번 연구에서 수술 후 Class IV로 간질 발작이 줄어들지 않았던 환자는 1차로 전 뇌량 절제술을 시행했던 환자로 tonic seizure와 전신성 근간대 발작을 동시에 가지고 있었으며 수술 후에도 간질 발작이 줄지 않아 절제의 범위가 부적당한 것으로 사료되어 추후 완전 뇌량 절제술을 고려하고 있다.

뇌량 절제술의 가장 흔한 합병증으로는 수술과 연관되어 수두증, 무균성 뇌막염, 시상 정맥동의 손상, 뇌부종, 정맥성 경색 등을 들 수 있으며 신경학적 합병증으로 수술 후 자발 운동의 감소, 이전 신경학적 결손의 악화, disconnection syndrome, 기억력이나 인지기능의 장애 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 결과에서 언급하였듯이 수술과 연관된 합병증으로 1예에서 가성 뇌동맥류가 발생하였는데 이는 수술 시 주변 혈관의 세심한 처리가 중요함을 시사하는 결과라 하겠다.

결 론

뇌량 절제술은 국소 절제술이나 반구 절제술이 부적합한 난치성 간질 환자에 있어서 발작의 정도 및 횡수를 감소시킬 수 있는 좋은 방법으로 사료되며 특히, drop attack이 잦은 경우나 전신발작의 경우가 다른 간질 발작에 비해 효과가 좋은 것으로 생각된다. 또한 지금까지 뇌량 절제술의 금기로 여겨졌던 지능 저하 환자에 있어서 뇌량 절제술은 더 이상 금기증이 아닌 것으로 사료되며 이에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 본다.

중심 단어 : Callosotomy · Corpus callosum · Outcome.

- 논문접수일 : 2002년 6월 20일
- 심사통과일 : 2002년 8월 18일

REFERENCES

- 1) Dandy WE. Congenital cerebral cysts of the cavum septi pellucidi (fifth ventricle) and cavum vergae (six ventricle): Diagnosis and treatment. *Arch Neurol Psych* 1931;25:44-66.
- 2) Van Wagenen WP, Herren RY. Surgical division of commissural pathways in the corpus callosum. Relation to spread of an epileptic attack. *Arch Neurol Psych* 1940;44:740-59.
- 3) Erickson TC. Spread of the epileptic discharge. An experimental study of the after-discharge induced by electrical stimulation of the cerebral cortex. *Arch Neurol Psych* 1940;43:429-52.
- 4) Wilson DH, Reeves AG, Gazzaniga MS. Central commissurotomy for intractable generalized epilepsy: Series two. *Neurology* 1982;32:687-97.
- 5) Papo I, Quattrini A, Ortenzi A, et al. Predictive factors of callosotomy in drug-resistant epileptic patients with a long follow-up. *J Neurosurg Sciences* 1997;41:31-6.
- 6) Quattrini A, Papo I, Cesarano R, et al. Modifications in morphology of epileptic seizures after callosotomy. *J Neurosurg Science* 1997;41:81-4.
- 7) Rossi GF, Colicchio G, Marchese E, et al. Callosotomy for severe epilepsies with generalized seizures: Outcome and prognostic factors. *Acta Neurochir* 1996;138:221-7.
- 8) Sakas DE, Philips J. Anterior callosotomy in the management of intractable epileptic seizures: Significance of the extent of resection. *Acta Neurochir* 1996;138:700-7.
- 9) Spencer SS, Spencer DD, Williamson PD, et al. Corpus callosotomy for epilepsy. *Neurology* 1988;38:19-24.
- 10) Curtis HJ. Intercortical connections of corpus callosum as indicated by evoked potentials. *J Neurophysiol* 1940;3:407-13.
- 11) Crowell RM, Ajmone Marsan C. Topographical distribution and patterns of unit activity during electrically induced after-discharge. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1972;31 Suppl:59-73.
- 12) Bogen JE, Vogel PJ. Treatment of generalized seizures by cerebral commissurotomy. *Surg Forum* 1963;14:431-5.
- 13) Reutens DC, Bye AM, Hopkins IJ, et al. Corpus callosotomy for intractable epilepsy: Seizure outcome and prognostic factors. *Epilepsia* 1993;34:904-9.
- 14) Wyler AR. Corpus callosotomy. In: Wyllie E, ed. *The treatment of epilepsy: principle and practices*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993:1120-1125.
- 15) Spencer SS, Gates J, Reeves R, et al. Anterior, total, and two-stage corpus callosum section: Differential and incremental seizure responses. *Epilepsia* 1993;34:561-7.
- 16) Engel J, Van Ness PC, Rasmussen TB, Ojemann LM. Outcome with respect to epileptic seizures. In: Engel J Jr, ed. *Surgical treatment of epilepsies*. New York: Raven press, 1993:609-22.
- 17) Cendes F, Ragazzo PC, da Costa V, et al. Corpus callosotomy in treatment of medically resistant epilepsy: Preliminary results in a pediatric population. *Epilepsia* 1993;34:910-7.
- 18) Philips J, Sakas DE. Anterior callosotomy for intractable epilepsy: Outcome in a series of a series of twenty patients. *British Journal of Neurosurgery* 1996;10:351-6.
- 19) Sauerwein HC, Lassonde M. Neuropsychological alterations after split-brain surgery. *J Neurosurg Sciences* 1997;41:59-66.