

레녹스 가스토 증후군에서 뇌량절제술

김신혜¹ · 김성현¹ · 이윤진¹ · 이영목¹ · 이준수¹ · 김동석² · 김흥동¹

연세대학교 의과대학 세브란스 어린이병원 소아과학교실,¹ 연세대학교 의과대학 세브란스병원 신경외과학교실²

Corpus Callosotomy in Lennox-Gastaut Syndrome

Shin Hye Kim, M.D.¹, Sung Hyun Kim, M.D.¹, Yun Jin Lee, M.D.¹, Young Mock Lee, M.D.¹,
Joon Soo Lee, M.D.¹, Dong Seok Kim, M.D.² and Heung Dong Kim, M.D.¹

Department of Pediatrics,¹ Severance Children's Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul,
Department of Neurosurgery,² Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: Lennox-Gastaut syndrome (LGS) is one of the most devastating pediatric epileptic syndromes characterized by various disabling seizures, generalized forms of abnormal epileptiform EEG features and progressive psychomotor retardation. Corpus callosotomy is one of treatment options in patients with intractable LGS without definitive focal cortical pathology. This study was designed to evaluate efficacy and safety of corpus callosotomy in patients with LGS.

Patients and Methods: Thirty patients (21 boys, 9 girls) with LGS who had corpus callosotomy at Severance Children's Hospital from October 2003 to January 2007, were enrolled with mean follow-up of 34.6 ± 14.0 months. We retrospectively reviewed medical records, video-EEG monitoring, MRI, seizure outcome and postoperative complications.

Results: Mean age of corpus callosotomy was 100.7 ± 56.4 months. Twenty-four patient (80.0%) underwent total corpus callosotomy and

6 (20.0%) underwent resection of the anterior 4/5 of corpus callosum. Seizure outcomes were as follows: 5 patients (16.7%) were Engel class I, 9 (30.0%) were class II, 6 (20.0%) were class III and 10 (33.3%) were class IV. Postoperative complications were seen in 4 patients (13.3%), such as hemorrhage (2 patients), involuntary movement (1 patient) and transient ataxia (1 patient), but all were recovered completely. Subsequent resective surgery was performed in 5 patients of Engel class III and IV, whose EEG features became lateralized without complete seizure control. Satisfactory surgical outcomes (class I and II) were achieved in 46.7% of total patients.

Conclusions: Corpus callosotomy could be effective and safe treatment in medically intractable LGS without focal pathology. (J Korean Epilep Soc 2008;12(1):41-45)

KEY WORDS: Lennox-Gastaut syndrome · Corpus callosotomy · Seizure outcome.

서 론

레녹스 가스토 증후군은 정신지체 및 다양한 양상의 간질발작, 뇌파상에서 전신적 서파를 보이는 것을 특징으로 하는 소아기의 난치성 간질증후군 중의 하나이다. 전체 소아간질환아의 약 1~2%로 소수에 해당하지만 항경련제에 잘 반응하지 않고 80% 이상이 평생에 걸쳐 경련

발작을 보이는 나쁜 예후를 보이고 있다.^{1,2} 그로 인한 정신지체를 늦추기 위해 완전한 경련 조절이 요구되고 있고, 근본적인 치료방법의 개발이 매우 필요하다.

뇌량절제술은 병소절제술이 불가능하고 약물치료에 반응하지 않는 간질환자에서 시도해 볼 수 있는 수술방법으로 1940년 Van Wagenen과 Herren³에 의해 처음 간질환자에 시도 되었으며, 수술 후 해리성 증후군을 줄이기 위해 뇌량의 앞쪽 3분의 2만을 절제하는 수술방법으로 발전해왔다. 그러나 이 수술에 대하여는 아직도 많은 논의가 진행되고 있으며 근본적이 아니라 보조적인 수술방법으로 인정되고 있어 적절한 수술대상의 선정이 매우 중요하다고 할 수 있다.⁴ 현재까지 연구된 바로는 뇌량절제술은 전신발작 및 신체적 손상을 초래하는 탈력 발작에 효과적이며 최근 이 수술이 안전하고 효과적이라는 보

Received 30 May 2008

Accepted 3 August 2008

Corresponding author: Heung Dong Kim, M.D., Department of Pediatrics, Severance Children's Hospital, Yonsei University College of Medicine, 250 Seongsan-no, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea

E-mail: hdkimmd@yumc.yonsei.ac.kr

고가 늘고 있으며 특히 레녹스 가스토 증후군이나 뇌의 여러 부위에서 독립된 극과를 보이는 심한 간질에서 효과적이라는 연구가 다수 보이고 있다.⁵⁻⁷ 2006년 한 보고에 의하면 레녹스 가스토 증후군에서 뇌량절제술을 시행한 76명의 환자들 중 69명(90.8%)에서 50% 이상 경련감소의 결과를 보였고,⁶ 다른 연구에서는 특발성 전신발작 환자들에서 뇌량절제술을 시행한 후 유의하게 경련감소를 보인 수술적 결과를 발표하였다.⁸ 본 연구는 전신성 간질 증후군의 하나인 레녹스 가스토 증후군 환자들에서 영상학적 검사 및 뇌파 검사를 시행하고 뇌량절제술을 시행한 이후 임상적 결과에 대하여 보고하고자 한다.

대상과 방법

대상환자

2003년 10월부터 2007년 1월까지 연세대학교 세브란스 어린이병원에서 레녹스 가스토 증후군으로 진단된 환자들 중 뇌량절제술을 시행받은 30명의 환아를 대상으로 하였다.

방 법

환아들의 성별, 경련 시작의 나이, 수술 시행 당시의 나이, 다른 경련 양상으로부터의 발생여부, 임상적 특성과 경련 양상, 수술적 치료 방법에 따른 환아들의 치료성적에 대해 후향적으로 의무기록 검토와 분석을 통해 조사하였다. 수술의 종류와 수술 전 시행하였던 비디오 뇌파, 두부 MRI의 검사 결과를 비교하였다. 모든 환아들은 24시간 이상 비디오 뇌파검사를 시행하였는데, 배경파와 간질양 뇌파 및 발작기의 뇌파를 분석하였으며 MRI는 T1-weighted image (T1WI) (TR/TE 476/16 ms)와 fast spin-echo T2-weighted image (T2WI) (TR/TE 4000/105 ms)를 이용한 1.5T MR 시스템으로 촬영하였다.

뇌량절제술 후 치료 성적이 좋지 못하여 병소절제술을 시행한 5명의 환아들은 수술 후 다시 24시간 이상 비디오 뇌파검사를 시행하였고 PET과 간질기 및 간질간기 SPECT 및 24시간 이상 비디오 경피질 뇌파를 통해 병소를 국소화하였다.

수술은 부분절제술(anterior corpus callosotomy)와 완전절제술(total corpus callosotomy)의 두가지를 시행하였으며 부분절제술은 뇌량팽대를 보존하여 뇌량의 앞쪽 4/5를 절제한 수술방법이며 완전절제술은 이를 포함한 뇌량의 모든 부분을 절제하는 것으로 정의하였다. 수술 후 두 수술의 성적을 Mantel-Haenszel 카이제곱 검정

을 통해 분석하였다.

수술 후 환아들의 치료성적은 Engel 분류²⁰를 이용하여 판정하였으며 Engel 분류 I은 수술 후 간질이 없는 상태, 분류 II는 야간 발작을 제외한 거의 경기가 없는 상태이며 분류 III은 수술 이후 의미있게 호전된 경우이며 분류 IV는 호전이 없거나 증가한 상태로 정의하였다. 또한 수술 후 합병증에 대하여 분석하였다.

결 과

환아들의 임상적 특징

총 30명의 대상 환아 중에서 남아 21명(70.0%), 여아 9명(30.0%)으로 남녀비는 2.3 : 1이었다. 대상 환아들의 평균 월령은 132.1±56.2개월이었으며 경련을 처음 시작한 나이는 평균 23.7±25.0개월이며, 1세에서 5세 까지가 15명(50.0%)으로 가장 많았으며, 1세 이전이 12명(40.0%), 5세 이후가 3명(10.0%)으로 가장 적었다. 수술적 치료의 시기는 평균 100.7±56.4개월이며, 5~10세 사이에서 12명(40.0%)로 가장 많았고 5세 이전이 10명(33.3%), 10세 이후가 8명(26.7%)이었다. 간질의 유병 기간은 75.1±51.5 개월을 보였다(Table 1).

경련양상

경련양상은 매우 다양하였는데 한 환아에서 한가지 이상의 경련형태를 보이는 경우가 3례(10.0%)였다. 경련 양상으로는 탈력 발작이 12례(40.0%)로 가장 많았고 근간대성 발작이 11례(36.7%), 결신 발작 4례(13.3%), 연속성 발작 3례(10.0%), 전신성 강직 발작이 2례(6.7%),

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients

Characteristics	N (%)
Gender, male/female	21/9
Age at seizure onset	
<1 year	12 (40.0)
1-5 years	15 (50.0)
≥5 years	3 (10.0)
Mean±SD	23.7±25.0 months
Age at surgery	
<5 year	12 (40.0)
5-10 years	10 (33.3)
≥10 years	8 (26.7)
Mean±SD	100.7±56.4 months
Other type of epilepsy	
Evolution from infantile spasm	6 (20.0)
Duration from seizure onset to the surgery (Mean±SD)	75.1±51.5 months

Table 2. Seizure types

Seizure types	N (%)
Generalized seizure	
Atonic	12 (40.0)
Myoclonic	11 (36.7)
Absence	4 (13.3)
Spasm	3 (10.0)
GT	2 (6.7)
GTC	1 (3.3)

GT, generalized seizure; GTC, generalized tonic-clonic seizure

Table 3. Findings of brain MRI in patients

Findings	N (%)
Bilateral	
MCD	5 (16.7)
Destructive lesion	
HIE	5 (6.7)
Focal encephalomalacia	5 (6.7)
Unilateral	
Destructive lesion	
Infarction	2 (6.7)
Normal	13 (43.3)
Total	30 (100.0)

MCD, malformation of cortical development; HIE, hypoxic ischemic encephalopathy

Table 4. EEG features in patients

Findings	N (%)
Non-epileptiform Abnormalities	
Background abnormality	30 (100.0)
Polymorphic delta wave	9 (30.0)
Asymmetric slow wave	16 (53.3)
Epileptiform Abnormalities	
Generalized slow spike wave	30 (100.0)
Generalized paroxysmal fast activity	19 (63.3)
Multifocal sharp	21 (70.0)
Localized paroxysmal fast activity	8 (26.7)
Spindle shaped fast activity	3 (10.0)
Brief ictal rhythmic discharges (BIRDs)	2 (6.7)
Subclinical seizure	3 (10.0)

전신성 강직간대 발작 1례(3.3%)였다(Table 2).

두부 MRI 소견

모든 환아에서 MRI를 시행하였고 병변의 특징을 일측성 및 양측성으로 나누었다. 다시 대뇌피질의 병변에 따라 분류하였는데, 종류로는 기형적 발달, 뇌경색, 허혈성 저산소성 뇌증 및 부분적 뇌연화증으로 나눌 수 있었다. 13례(43.4%)의 환아에서 정상소견을 보였으며 비정상소견

을 보이는 환아들 중 15례(50.0%)의 환아에서 양측성의 병변을 보이고 있었다. 일측성 병변을 보이는 2례(6.7%)는 뇌경색 2례였다(Table 3).

뇌파 소견

24시간 이상의 비디오 뇌파검사상 모든 환아에서 배경파의 이상 및 전반적 느린 극서파 복합이 관찰되었으며 19명(63.3%)의 환아에서는 전반적 발작적 속파를 보였다(Table 4).

수술결과 및 합병증

환아들의 평균 추적관찰기간은 34.6±14.0개월이었으며 30명의 환아들 중 24명(80.0%)은 완전절제술(total corpus callosotomy)을 시행받았으며 6명(20.0%)은 부분절제술(anterior corpus callosotomy)을 시행하였다. 부분절제술 이후에 다시 완전절제술을 시행받은 환아는 없었으며 수술 후 1년까지의 기간 동안 부분절제술을 시행한 환아들 중 Engel 분류 I이 2명(33.3%), Engel 분류 II가 1명(16.7%), Engel 분류 III가 1명(16.7%), Engel 분류 IV가 2명(33.3%)이었다. 또한 완전절제술을 시행한 환아들은 Engel 분류 I이 3명(12.5%), Engel 분류 II가 8명(33.3%), Engel 분류 III가 5명(20.8%), Engel 분류 IV가 8명(33.3%)을 차지하였다. 결과적으로 모든 뇌량절제술을 시행한 환아들 중 5명(16.7%)이 Engel 분류 I로 판정되었고 9명(30.0%)이 Engel 분류 II, 6명(20.0%)이 Engel 분류 III였으며 10명(33.3%)은 Engel 분류 IV로 분류되었다(Table 5). 수술방법에 따른 수술 성적의 차이는 상관성은 없는 것으로 나타났다(p=0.6904).

Engel 분류 III과 IV의 환아들 중 5명에서는 뇌량절제술 이후에 뇌파상 병소가 편측화되어 병소절제술을 시행하였는데 술 후 2명은 Engel 분류 I로 판정되었고, Engel 분류 II, III, IV에 각각 1명씩 분류되었다. 수술 후 1년 당시 Engel 분류 I이었던 환자 5명 중 1년 이상의 추적기간 동안 발작의 재발이 있었던 환자는 없었다. 수술 후 발생한 합병증으로는 출혈이 2명(6.7%), 불수의적 운동과 일시적인 보행장애가 각각 1례(3.3%)에서 관찰되었으며 이러한 합병증이 같은 환아에서 두가지 이상 나타나지 않았으며 한 달 이내 호전되는 결과를 보였다.

수술 후 항경련제는 수술 후 1년을 기점으로 수술 전 4.0가지에서 평균 3.7가지로 줄었으며 30명의 환아들은 모두 한 가지 이상의 항경련제를 복용하고 있었으며 수술 후 최소 6개월의 경과관찰을 가진 후에 케톤식을 시작한 경우가 4명에서 관찰되었다.

Table 5. Seizure outcomes after surgery in patients

Engel class	Anterior C.C.	Total C.C.	N (%)
I	2 (33.3)	3 (12.5)	5 (16.7)
II	1 (16.7)	8 (33.3)	9 (30.0)
III	1 (16.7)	5 (20.8)	6 (20.0)
IV	2 (33.3)	8 (33.3)	10 (33.3)
Seizure relapse in patients with engel class I	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

C.C., corpus callosotomy

고 찰

본 연구에서 레녹스 가스토 증후군 환자 30명에서 뇌량절제술을 시행한 결과, 약 46.7%의 환자에서 수술 후 Engel 분류 I과 II로 분류되는 양호한 수술 결과가 관찰되었다. 최근엔 레녹스 가스토 증후군이나 영아 연축과 같이 전신발작의 간질의 경우에서도 병소를 국소화시키고 이를 절제하는 수술이 시도되고 좋은 수술결과들이 보고되고 있으나 뇌피상에서 병변이 국소화 되지 않고 양측성 병변을 보이거나 정상 영상학적 소견을 보이는 경우에 본 연구에서와 같이 뇌량절제술이 시도될 수 있다. 뇌량절제술은 그 자체가 병소를 제거하는 것이 아니라 2차적으로 전신화되는 발작의 연결통로를 차단함으로써 발작을 억제하는 것이 목적이므로 명백히 국소화되지 않는 병변이 있을 때 선택하여야 한다. 본 연구에서는 두부 MRI 검사에서 정상 소견인 경우와 양측성 병변을 보이는 경우가 26명(86.7%)이었으며 모든 대상 환자에서 뇌피상에서도 편측화되지 않는 결과를 보였다.

몇몇 연구들에 의하면 수술 후에 부분발작이 생기거나 악화될 수 있다고 보고되었으나⁸ 본 연구에서는 수술 전 부분발작이 동반되었거나, 수술 후에 부분발작이 악화되는 경우는 없었다.

약물치료에 반응하지 않고 편측화되지 않으면서 빠르게 2차적으로 양측의 일치성을 보이는 경우에 뇌량절제술은 전신발작을 줄이는 보조적인 치료 뿐 아니라 수술 후에 병소를 발견하는 경우도 있어 병소절제술의 준비단계로서 사용될 수도 있으며,⁹ 실제로 이로 인해 좋은 치료 성적이 보고되어왔다. 본 연구에 참여한 30명의 환자들 중 뇌량절제술 이후 치료성적이 좋지 못하고 뇌피상 편측화되었던 5례에서 병소절제술을 시행하였으며, 2례에서 Engel 분류 I을 보였고, Engle 분류 II, III 그리고 IV에 각각 1명씩 분류되어 60%의 환자에서 Engel class I과 II로 분류 됨으로써 수술적 치료를 통한 의미있는 경련감소의 효과를 볼 수 있었다.

뇌량절제술은 수술 후 합병증으로 해리성 증후군이 일

시적으로 또는 영구적으로 발생할 수 있다고 알려져 있으며 대표적으로 실어증이나 배뇨장애, 운동불능증, 독서불능증 등의 증상을 들 수 있다.^{4,5,8,10,16} 완전 뇌량절제술에서 더 많은 빈도로 발생한다고 하여 부분 뇌량절제술을 선호하였는데, 이는 수술의 기술적인 이유로 뇌량팽대를 보존하는 것이 용이하기 때문이기도 하다. 본 연구에서도 수술 후에 불수의적 운동, 보행장애가 한례씩 발생하였으나 일시적이었고 약 한 달 이내 모두 수술 전 상태로 회복되는 결과를 보여 완전 뇌량절제술의 제한점을 잘 극복하였다.

어떤 요인들이 뇌량절제술 후의 발작조절에 영향을 주는가에 대한 여러 연구들이 진행된 바에 의하면 절제의 범위가 가장 영향을 주는 인자로 밝혀진 바 있다. Spencer 등에 의하면¹⁹ 완전 절제에 의하여 77%, 부분절제에 의해 35%가 경련이 조절되었다고 보고한 바 있으며 Scott 등에 의한 연구에서도¹⁶ 완전절제에 의해 75%에서, 부분절제에 의해 55%에서 75%이상 경련 감소의 효과를 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서 24명(80.0%)의 완전절제술을 시행받은 환아들과 6명(20.0%)의 부분절제술을 시행받은 환아들의 수술 결과를 볼 때, Engel 분류 I~II에 해당하는 환자수가 각각 12명(50.0%), 2명(33.3%)이었으나 통계학적 의의는 없는 것으로 나타났으며(p=0.6904) 좀 더 많은 환자군을 대상으로 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 발작의 발생부터 최초의 수술까지의 시기가 75.1±51.5개월로 매우 다양하였다. 대부분 충분한 약물치료의 기간 이후에 수술적 치료를 결정하였으며 수술 당시의 평균 나이는 8년 5개월로 소아연령에 해당하였다. 기존의 연구에 따르면 성인보다 소아에서 뇌량절제술 후에 급성 해리성 증후군의 발생비율이 적으며^{5,7} Claverie 등¹²에 의하면 소아에서 수술 후에 일상생활에 대한 기능이나 정신사회적 적응에 성인에서보다 우수한 결과를 보이면서 수술에 의한 손상도 성인에서 보다 낮은 빈도로 보고하였다. 이는 소아의 뇌가 성인보다 유연성이 있으며 보다 우월한 보상기전을 가지고 있는 것으로 설명할 수 있다.^{15,13} 레녹스 가스토 증후군에서 진행하는 지

능저하를 막고 정상 발달을 가능하게 하며 여러 가지 약물에 의한 부작용에 노출되는 것을 예방하는 동시에 비용과 효과적인 면을 고려할 때 빠른 진단과 수술적 치료의 결정이 필요하다.¹⁴ 본 연구에서와 같이 충분한 약물 치료기간 이후에 발작이 조절되지 않으면서 병변이 국소화 되지 않는 레녹스 가스토 증후군에서 뇌량절제술은 효과적이고 안전한 치료 방법이라고 할 수 있다.

본 연구에서 수술 후 1년에 항경련제 사용은 4.0에서 3.7가지로 크게 줄지 않았으나 이는 짧은 경과 관찰에 기인한 것으로 판단되며 더 장기간 연구를 통해 더 감량해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

많은 연구들에 의해 수술 후 보호자들의 만족도가 높으며 환자의 반응수준이 호전된다고 보고하고 있으나^{6,8,17,18} 본 연구에서는 수술 후의 보호자들의 만족도는 조사하지 않았고, 수술 전후의 인지기능검사를 모든 환자에서 시행하지 않아 인지기능에 대한 수술의 효과를 증명하지 못한 한계를 들 수 있다. 또한 평균 추적기간이 34.6±14.0 개월로 좀더 장기적인 예후에 대한 연구는 차후 연구를 통해 진행되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Goldsmith IL, Zupanc ML, Buchhalter JR. Long-term seizure outcome in 74 patients with Lennox-Gastaut syndrome: effects of incorporating MRI head imaging in defining the cryptogenic subgroup. *Epilepsia* 2000;41:395-9.
2. Heiskala H. Community-based study of Lennox-Gastaut syndrome. *Epilepsia* 1997;38:526-31.
3. van Wagenen WP, Herren RY. Surgical division of commissural pathways in the corpus callosum: Relation to spread of an epileptic attack. *Arch Neurol Psychiatry* 1940;44:740-59.
4. Rathore C, Abraham M, Rao RM, George A, Sankara Sarma P, Radhakrishnan K. Outcome after corpus callosotomy in children with injurious drop attacks and severe mental retardation. *Brain Dev* 2007; 29(9):577-85.
5. Wong TT, Kwan SY, Chang KP, et al. Corpus callosotomy in children. *Childs Nerv Syst* 2006;22(8):999-1011.

6. Arthur C, Jose AB, Pedro PM, et al. Extended, One-stage Callosal Section for Treatment of Refractory Secondarily Generalized Epilepsy in Patients with Lennox-Gastaut and Lennox-like Syndromes. *Epilepsia* 2006;47(2):371-374
7. Maehara T, Shimizu H. Surgical outcome of corpus callosotomy in patients with drop attacks. *Epilepsia* 2001;41:67-71.
8. Sigmund J, Michael RS, Joseph IT, et al. Corpus callosotomy in refractory idiopathic generalized epilepsy. *Seizure* 2006;15(8):621-9.
9. Clarke DF, Wheless JW, Chacon MM, et al. Corpus callosotomy: A palliative therapeutic technique may help identify resectable epileptogenic foci. *Seizure* 2007;16(6):545-53.
10. You SJ, Kang HC, Ko TS, et al. Comparison of corpus callosotomy and vagus nerve stimulation in children with Lennox-Gastaut syndrome. *Brain Dev* 2007, doi:10.1016/j.braindev.2007.07.013
11. Oguni H, Olivier A, Andermann F, et al. Anterior callosotomy in the treatment of medically intractable epilepsies: a study of 43 patients with a mean follow-up of 39 months. *Ann Neurol* 1991;30:357-64.
12. Claverie B, Rougier A. Life comfort and psychosocial adjustment linked to age at the time of anterior callosotomy. *J Epilepsy* 1995;8: 321-31.
13. Turanli G, Yalnizoğlu D, Genç-Açikgöz D, Akalan N, Topçu M. Outcome and long term follow-up after corpus callosotomy in childhood onset intractable epilepsy. *Childs Nerv Syst* 2006;22(10):1322-7.
14. Liu S, An N, Yang H, et al. Pediatric intractable epilepsy syndromes: reason for early surgical intervention. *Brain Dev* 2007;29(2):69-78.
15. Lassonde M, Sauerwein H, Chircoine AJ, Geoffroy G. Absence of disconnection syndrome in callosal agenesis and early callosotomy: Brain reorganization or lack of structural specificity during ontogeny? *Neuropsychologia* 1991;29:481-95.
16. Rahimi SY, Park YD, Witcher MR, Lee KH, Marrufo M, Lee MR. Corpus Callosotomy for Treatment of Pediatric Epilepsy in the Modern Era. *Pediatric Neurosurgery* 2007;43:202-8.
17. Sassower KC, Rollinson DC, Duchowny M. Outcome of corpus callosotomy and other pediatric epilepsy surgery: parental perceptions. *Epileptic Disord* 2001;3(4):197-202.
18. Lassonde M, Sauerwein C. Neuropsychological outcome of corpus callosotomy in children and adolescents. *J Neurosurg Sci* 1997;41(1): 67-73.
19. Spencer SS, Spencer DD, Williamson PD, et al. Corpus callosotomy for epilepsy. I. Seizure effects. *Neurology* 1988;38(1):19-24.
20. Engel J Jr, Van Ness P, Rasmussen TB, Ojemann LM. Outcome with respect to epileptic seizures. In: Engel J Jr, ed. *Surgical Treatment of the Epilepsies*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1993;609-21.