

뇌 종괴병변의 정위적 생검 결과

계명대학교 의과대학 동산의료원 신경외과학교실
김 일 만 · 이 창 영

Results of Computed Tomography-guided Stereotactic Biopsy for Intracerebral Mass Lesions

Il-Man Kim M.D., Ph.D., Chang-Young Lee, M.D.

Department of Neurosurgery, Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

Objective : The diagnostic results are analyzed in a consecutive 55 patients undergoing computerized tomography (CT)-guided stereotactic brain biopsies.

Methods : There were 32 males and 23 females, and their mean age was 44.9 (range 8 to 74) years. The biopsy procedure was generally carried out under local anesthesia. Three to four specimens were obtained with side-biting biopsy needles or cup biopsy forceps, usually from the enhancing portion or central hypodense area within the lesion. In 41 patients of brain tumor, 61% had frozen section guidance intraoperatively. The accuracy of targeting by postoperative CT scan was 95%.

Results : The lesions identified were neoplastic disease in 41 cases (75%), vascular disease in three, and infectious process in two. Forty-six cases revealed a definitive diagnosis, and 9 cases (16%) were classified as nondiagnostic. The stereotactic biopsy modified the clinical presumptive diagnosis in fifteen patients (28%), with changing the treatment modality. The final diagnosis was achieved in 8 of 9 failed biopsy patients based on the results from craniotomy (1), second biopsy (3), cerebrospinal fluid study (2), and clinical monitoring (2). The positive biopsy rate was 85% for brain tumors. In 10 cases of brain tumor, the histological studies from biopsied materials and resection tissue were identical. Comparison between the frozen section diagnosis and the final diagnosis based on the permanent sections revealed that they matched in 23 (92%) cases. Five patients experienced transient neurological worsening after stereotactic biopsy.

Conclusion : The representative tissue sampling and intraoperative assessment of sample quality by frozen section examinations can improve the diagnostic yield for the stereotactic brain biopsy. In a small number of patients who had inconclusive results, issues on repeating stereotactic biopsy or open biopsy, clinical and radiological follow-up, or choosing empiric therapy should carefully be considered.

KEY WORDS : Stereotactic biopsy · Brain neoplasm · Histological type.

서 론

신경방사선 영상의 발전으로 두개강내 종괴병변의 조기발견과 세밀한 형태학적 관찰이 용이해졌으나 적절한 치료를 선택하고 불필요한 처치를 줄이기 위해서는 병변에 대한 정확한 병리조직학적 진단이 필수적인 기초가 된다. 뇌전산화 단층촬영에 기초한 정위적 뇌생검은 최소의 침습성, 높은 진단율, 낮은 이환율을 보이므로 뇌병변의 진단에서 유용하고 안전한 방법으로 입증되어 보편화되었다^{1,12,13,16,18,30}. 이

에 저자들은 본 교실에서 지난 14년간 진단목적으로 시행한 뇌실질내 종괴병변의 정위적 생검의 결과를 분석하여 진단의 정확도 및 비특이적 병리소견의 원인과 예방법을 알아보고자 본 연구를 계획하였다.

대상 및 방법

1988년부터 2001년까지 천막상부 종괴 병변으로 정위적 뇌생검술을 시행한 55명의 환자를 연구대상으로 생검의 합

병증, 향후 치료법 선택의 유용성, 종괴병변의 술전 임상소견, 병리 조직진단, 비특이적 병리진단과 원인, 병변의 최종 확정 진단, 치료방법 등을 후향적으로 분석하였다.

남자가 32명이었고 여자가 23명이었으며 연령분포는 8세에서 74세까지로 평균 44.9세였다. 정위적 뇌생검을 시행한 표적 병변의 위치는 대뇌반구가 24례(44%)로 가장 많았고 기저핵과 시상핵 영역이 각각 10례와 9례로 전체 34%를 차지하였으며, 종괴병변이 다발성인 경우는 7례였다(Table 1).

술전의 임상적 진단은 병력, 전산화단층촬영, 자기공명영상, 혈관조영술, 단일광자방출단층촬영 등의 신경영상연구 소견, 실험실 검사 등을 참고하여 결정하였고 최종진단은 재생검, 개두술에 의한 종양절제술, 임상 및 방사선학적 추적 소견에 따랐다. 생검이 필요한 환자의 선택은 종괴가 뇌중심 부나 중요 뇌기능 부위에 위치한 경우, 매우 작거나 다발성인 병변, 미만성으로 경계가 불명확하나 종괴 효과가 미약한 병변, 비종양성 질환보다 종양성 병변이 더 의심되는 경우, 항암제나 방사선 치료시 좋은 반응이 예상되는 경우, 전신마취에 의한 개두술이 불가능한 내과적 질환이 있거나 고령의 환자, 악성 임파종이 의심되는 경우, 면역저하 환자에서의 감염성 질환의 확인, 수술적 접근이 어렵거나 고위험이 예상되는 경우 등을 기준으로 하였다.

뇌정위 수술장치인 Radionics사의 CRW(Cosman - Roberts - Wells)를 부착한 후 Siemens사의 Somatom plus 전산화단층촬영기에서 생검 표적의 입체 좌표치를 구하여 Epson programmable calculator로 자료를 처리하였다. 소아 환자나 협조가 안되거나 기도확보가 어려운 경우를 제외하고는 진정제를 투여한 상태로 국소 마취하에서 시술하였으며, 생검을 위한 천도는 주로 관상 봉합선 약간 앞쪽의 전두골에 시행하였다. 전산화단층촬영영상에서 병변의 조영증강 부위를 표적으로 정한 후 하나의 생검경로(target trajectory)에서 3~4개 정도의 조직표본을 채취하였다. 조영증강되지 않는 병변은 뇌실질보다 저음영 부위의 중심을 택하였고 다발성인 경우는 크고 접근이 쉬운 부위를 생검하였다. 정위적 생검을 시행한 초기에는 동결절편에 의한 확인없이 채취한 조직의 육안적 소견과 술자의 판단에 의존하였으나, 최근에는

표적이 작아 조직표본 부족이 예상되는 경우를 제외하고는 동결절편을 의뢰하여 병리조직을 확인하고 있다. 동결절편 검사에서 조직표본이 비특이적인 소견으로 판독되거나 추가적인 병리검사가 예상되는 경우에는 깊이와 방향을 달리하여 생검하였으며, 필요한 경우에는 새로운 경로로 접근하거나 다른 표적에서 조직을 채취하였다. 낭성부분이 큰 종양이나 농양 또는 혈액이 확인된 경우에는 내용물을 흡인하여 배양 표본을 만든 후 필요에 따라 지속적 배액을 목적으로 실리콘 카테터를 병변에 넣어두었다. 생검 후에 출혈이 의심되거나 확인된 경우에는 생검침을 유지시킨 상태로 생리식염수로 계속 관류하면서 저혈압을 유도하여 생검 부위의 지혈을 촉진하였다. 표적 위치, 병변의 강도, 표적의 크기 등을 고려하여 다양한 side-cutting biopsy needle과 cup biopsy forceps를 사용하였다. 종양 생검술 후에는 바로 뇌전산화단층촬영을 시행하여 출혈의 유무와 생검 부위를 확인하였으며, 정상조직 또는 비특이적 병리소견만 관찰되거나, 특정소견은 보여도 정확한 조직진단이 어려운 경우에는 진단적 가치가 없는(nondiagnostic) 것으로 규정하였다.

최종 병리진단은 생검표본 조직을 파라핀 봉매한 영구조직 슬라이드를 판독하여 결정하였고, 종양병변의 조직형과 등급분류 및 증식력의 확정을 위해 면역조직화학염색, 특수병리염색, 전자현미경 검사 등을 실시하였다. 병리진단과 임상진단이 일치하지 않거나 비특이 병리소견을 보인 경우에는 정위적 또는 개방 수술로 재생검하거나 임상 및 방사선학 경과를 주의깊게 추적하면서 경험적 치료를 병행하였다. 생검이 실패한 증례와 비수술적 치료에도 종괴효과에 의한 뇌부종이 조절 안되는 종양 병변에서는 확진과 감압 목적으로 개두술을 시행하였다.

결 과

전체 55례 중 46례(84%)에서 병리조직학적 진단이 가능하였는데 종양성 병변이 41례(75%)로 가장 많았으며 뇌혈관 및 감염성 질환은 각각 3례와 2례였다. 종양병변은 뇌신경교종이 27례(66%)로 가장 많았고 전이성 뇌종양이 9례, 악성 임파종이 4례, 배아세포종이 1례였다. 비종양성 병변으로는 세균성 뇌농양, 결핵성 뇌농양, 해면상 혈관기형이 각각 1례였고 뇌경색이 2례로 확인되었다(Table 2).

조영증강되는 얇은 종양피막에서 조직채취가 불가능하였던 교모세포종 1례를 포함한 모두 9례(16%)에서 염증, 괴사, 혈액, 신경교증 등의 비특이적 병리소견만이 관찰되어 정확한 조직진단이 불가능하였다. 이중 2례는 뇌척수액의 추적 검사로 신경염증증이 확인되어 약물치료로 완치되었고

Table 1. Locations of biopsied lesions (n=55)

Target	No. of patients (%)
Cerebral hemisphere	22 (44)
Basal ganglia	10 (18)
Thalamus	9 (16)
Hypothalamus	3 (5)
Midline (ventricles, corpus callosum)	2 (4)
Multiple locations	7 (13)

3례는 재생검한 조직상 각각 전이성 종양, 악성임파종, 성상 세포종으로 판명되었다. 낭종의 배액으로 생검이 실패했던 남성 교모세포종 환자는 개방수술을 시행하였고 방사선 과사와 전이성 종양으로 최종 진단된 2례는 임상적 경과와 방사선학적 추적 소견을 근거로 하였다(Table 3).

3례를 제외한 52례(95%)에서 술후 전산화단층촬영에서 병변내의 공기방울과 미세출혈 음영으로 확인된 생검부위와 술전에 정한 표적이 일치되었다. 전체 15례에서는 임상진단이 최종 확정진단과 상이하여 치료방향이 변경되었으며 예후에 차이를 보였다. 이중 비종양성 병변이 의심되었으나 종양으로 판명된 것이 4례였고 반대의 경우가 2례였으며, 종양 병변 중 조직진단이 다른 경우가 5례였고 신경교종 중 4례는 종양등급에 차이를 보였다. 종양병변에 대한 생검의 정확도는 85%(39/46)로 전체 환자의 생검 진단율 84%(46/55)와 비슷하였으며, 개두술을 시행한 10명 종양 환자 중 9명에서 조직진단과 신경교종의 등급에서 정위적 생검에 의한

결과와 일치하였다. 최근에 연속적으로 동결절편을 시행한 경우는 25례(61%)로 모두 종양 병변이었으며 이중 23례(92%)에서 최종 조직진단과의 일치를 보며, 동결절편 검사를 이용하지 않은 환자에서의 진단율 72%(21/29) 보다 높았다.

정위적 뇌생검에 의한 합병증으로는 뇌실내와 뇌실질 출혈이 각각 1례였고 간질발작을 보인 경우가 1명이었으며, 두 명의 환자에서는 술전의 반신마비가 일시적으로 악화되었다(Table 4).

고찰

두개강내 종괴병변에 대한 정위적 생검술은 간단하고 안전하면서도 비교적 진단적 소득율이 높으며, 개두술 또는 부검 결과와의 비교에서도 조직진단이 일치하는 경우가 매우 많은 것으로 발표되었다^{5,6,11,28}. 동시에 위치와 병변의 성상에 따라 차이는 있으나 시술로 인한 영구적이고 치명적인 합병증은 5% 이하로 알려져 있다^{3,16,30}. 그러나 저자의 경우나 다른 보고^{2,18,20})에서처럼 병력과 신경방사선 소견에 기초한 임상적 예상과는 진단이 상이하여 치료법이 변경되기도

Table 2. Pathological diagnosis of 55 stereotactically biopsied patients

Diagnosis	No. of patients(%)
Neoplastic	41(75)
Low-grade astrocytoma	7
Anaplastic astrocytoma	12
Glioblastoma	5
Oligodendroglioma	3
Metastatic carcinoma	9
Malignant lymphoma	4
Germinoma	1
Vascular	3(6)
Infarction	2
Cavernoma	1
Infectious	2(4)
Pyogenic abscess	1
Tuberculous abscess	1
Unclassified lesions	9(16)

Table 4. Results of stereotactic biopsy in 55 cases of intracerebral lesions

Diagnostic result	No. of patients(%)
Diagnostic possibility for specific pathology	46/55(84)
Inconclusive pathological diagnosis	9/55(16)
Discrepancy in diagnosis	15/54(28)
Clinical & radiological vs. confirmative procedure	
Accuracy for targeting	52/55(95)
Positive diagnostic rate for neoplasm	39/46(85)
Coincident histological findings for brain tumor	
Biopsy vs. craniotomy	9/10(90)
Frozen section vs. final diagnosis	23/25(92)
Minor morbidity	5/55(9)

Table 3. Summary of 9 cases with nondiagnostic biopsy

Case No.	Sex/Age	Clinical impression	Major pathology	Definite procedure	Final diagnosis	Further treatment
1	28/F	Granuloma	Inflammatory	Csf serology	Cysticercosis	Praziquante
2	69/F	Lymphoma	Blood	Rebiopsied	Metastasis	Radiotherapy
3	47/M	Metastasis	Gliosis	Followed up	Radionecrosis	Observation
4	62/M	Abscess	Inflammatory	Csf serology	Cysticercosis	Praziquantel
5	63/F	Metastasis	Necrosis	Followed up	Metastasis	Refused
6	59/F	Lymphoma	Inflammatory	Rebiopsied	Lymphoma	None
7	16/F	Astrocytoma	Gliosis	Rebiopsied	Pilocytic astrocytoma	Craniotomy
8	22/M	Glioma	Gliosis	No	Lost to follow-up	No
9	32/F	Gliblastoma	No tissue	Craniotomy	Anaplastic astrocytoma	Radiotherapy

M : male, F : female

하며 예후의 평가가 달라지는 경우가 있으므로 생검에 의한 진단은 높은 정확도가 요구된다.

뇌생검에 의한 진단율은 조기결과를 제외하면 89~97% 정도로 높게 보고되었다^{1,7,10,12,30}. 본 연구에서도 생검 후의 전산화단층촬영에서 확인된 표적의 정확도와 종양절제술 후의 조직진단과의 일치율은 각각 95%와 90%로 높았으나 전체적으로 정확한 병리진단이 가능하였던 경우는 84%로 다른 보고보다 다소 낮았다. 저자들의 진단 성적이 저조했던 것은 초기에 정위적 뇌생검술에 대한 경험이 충분하지 못하여 하나의 생검 경로에서만 조직을 채취하여 비특이적인 병리소견만 얻었던 증례가 많았기 때문으로 생각된다. 따라서 여러 술자^{2,12,15-17,19,29,30}가 언급하였던 부적절한 표적선택에 의한 표본오류, 매우 작은 병변의 표적, 생검조직의 크기와 표본수, 병리의 관심부족에 의한 판독능력과 오차, 수술중의 도말(smear technique)이나 동결절편에 의한 생검표본의 적절성 미확인, 낭종의 천자에 의한 표적 이동, 사용된 생검기구의 적합성, 병변의 강도에 의한 생검 자체의 실패 같은 기술적 오류, 병변이 뇌실의 근접성, 조직표본의 처리 소홀 등의 많은 원인들에 대한 세심한 주의가 필요할 것이다. 임상적으로 결핵, 기생충, 진균 등에 의한 염증성 육아종이 의심되는 환자에서의 조직생검의 주된 목적은 신생물의 가능성을 배제하는 것이며^{6,7,27}, 생검 시기와 대상 선택에 신중해야 할 것이다^{6,7,22,27}. 또한 신경낭미증종과 방사선 괴사로 최종 확인된 증례에서처럼 임상경과, 방사선학적 추적, 혈액과 뇌척수액 소견이 진단에 보다 유용할 수도 있다.

저자들의 연구에서는 종양 생검의 진단율이 84%로 높지 않았는데 뇌종양은 조직형과 종양의 등급에 따라 치료와 결과에 현저한 차이를 보이므로 정확한 병리조직 진단이 우선되어야 한다. 본 생검 결과에서 보듯이 다른 조직형의 종양, 등급이 낮거나 높은 신경교종 또는 혼합 신경교종으로 진단되거나 반응성 신경교종, 탈수초, 종양세포의 부재, 괴사, 출혈, 염증 등의 부정확한 소견만 관찰될 수도 있다. 따라서 병변내에서 가장 비정상적 조직표본을 제공할 수 있는 표적을 선택하여 표본채취 오류를 최대한 줄여야 한다. 진단적 가치가 큰 것으로 알려진 균질하며 강하게 조영증강되는 부위는 뇌실질이 없는 종양조직만을 얻을 수 있으나, 전산화단층촬영 영상 저음영 병변의 중심을 선택한 경우에는 괴사를 동반한 종양세포, 정상 뇌조직, 저등급의 신경교종, 부분적으로 종양이 침윤된 실질, 뇌부종, 임파구 침윤에 의한 만성염증 등의 다양한 소견이 가능하여 신경 병리의료 하여금 정확한 진단에 어려움을 줄 수 있다^{1,10,19,22,29}. 동시에 종양이 너무 딱딱하거나 부드러운 경우, 주로 낭종화된 종양, 괴사와 출혈이

많은 종양 또는 방사선이 조사된 병변은 생검자체가 힘들거나 생존가능한 종양세포가 작아 좋은 표본이 될 수 없는 경우가 많다²³.

뇌신경교종을 대표하는 부위가 잘 선택된 경우에는 하나의 조직표본으로도 신뢰성이 있는 병리진단이 가능하다. 그러나 여러 표적 부위에서 적당한 크기의 표본을 많이 채취함으로써 신경교종의 조직학적 특징인 비균질성과 광범위한 침윤성에서 오는 진단착오를 줄이고 종양 전체에 대한 종합적인 정보가 가능하여 조직형과 등급분류가 정확해질 수 있다고 강조되었다^{4,11,14,18,21,24}. 생검의 기술적인 면에서는 병변이 작거나 견고하여 flexible cup forcep이 필요한 경우를 제외하고는, 종양의 주축을 지나는 경로를 택하여 가장자리에서부터 중심을 지나 병변 전체를 통과하면서 side-biting 흡인 생검침으로 수회 연속적으로 생검하면 진단적 소득율이 뛰어난 것으로 보고되었다^{1,9-11,18,20,30}. 저자들도 최근에는 종양의 크기와 형태에 따라 필요한 경우에는 종양의 전후좌우 좌표, 종양의 피막, 종양 주변등을 고려하여 미리 사전에 하나 이상의 생검 경로를 설정해두고, 직경 1.5mm에 길이 10mm 정도의 실린더형 표본으로 생검하여 표본오류를 줄이려고 한다. 이번 연구에서는 동결절편의 이용 유무에 따른 조직 절편수의 차이를 분석하지는 않았으나 양자간에 뚜렷한 진단율의 차이가 관찰되었으므로, 술중에 동결절편에 의한 표적의 정확성과 표본의 진단적 가치를 충분히 확인한다면 정확도가 개선되리라 생각된다. 또한 최근에는 동결절편과 영구조직 슬라이드의 판독을 한명의 신경병리학자 전담하여 판독자간의 오차를 최소화하고 있다. 도말법은 작은 조직으로도 종양 세포의 밀집도(cellularity)와 세포학적 특징을 잘 보여주어 효과적인 기술로 인정되었다^{6,9,24,29}. 동결절편이나 도말법의 상용화^{4,5,8,10,11,13,15,28}와 더불어 작은 조직으로도 진단 성공율을 높일 수 있는 종양 표식자와 종양 세포학에 의한 진단이 가능하도록 면역조직화학, 분자생물학, 종양유전자 진단법에 대한 연구^{1,17,21}가 필요할 것이다. 정위적 뇌생검 결과의 약 9% 정도에서 진단적 가치가 없는 것으로 보고되었는데, 술후의 전산화 단층촬영에서 확인된 생검 표적이 정확한 경우에는 본 연구에서 시행한 바와 같이 재생검 또는 경험적 치료가 필요할 수 있으며, 접근 가능한 병변은 일정기간 관찰하거나 또는 개두술에 의한 조직진단이 즉시 이루어져야 한다^{22,25,26}.

저자들도 2례에서 생검에 따른 출혈을 경험하였는데 대부분은 작은 정맥손상에 의한 것으로 진행하지 않으나 드물게 개두술이 필요할 수도 있어 주의깊은 관찰이 요구된다. 간질과 감염 예방을 위하여 술전 적절한 항생제와 항전간제를 투여하고 뇌부종이 심한 환자는 뇌탈출에 의한 치명적인 악화

가 가능하므로 충분한 전처치가 요구된다.

결 론

정위적 뇌생검의 진단적 정확도를 높이기 위해서는 병변을 가장 대표하는 표본이 채취되도록 표적과 생검 경로의 선택이 정확해야 한다. 동시에 가능한 많은 조직 절편을 얻어 동결절편으로 확인한다면 비특이적 병리 소견을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

- 논문접수일 : 2002년 2월 26일
- 논문채택일 : 2002년 4월 29일
- 교신저자 : 김 일 만

700 - 712 대구광역시 중구 동산동 194
계명대학교 의과대학 동산의료원 신경외과학교실
전화 : 053) 250 - 7730, 전송 : 053) 250 - 7356
E - mail : bach1158@dsmc.or.kr

References

1. Apuzzo MLJ, Chandrasoma PT, Cohen D, Zee CS, Zelman V : Computed imaging stereotaxy : experience and perspective related to 500 procedures applied to brain masses. **Neurosurgery** 20 : 930-937, 1987
2. Arbit E, Galicich JH : Importance of image-guided stereotactic biopsy to confirm diagnosis in an oncological setting. **Ann Surg Oncol** 1 : 368-372, 1994
3. Bernstein M, Parrent AG : Complications of CT-guided stereotactic biopsy of intra-axial brain lesions. **J Neurosurg** 81 : 165-168, 1994
4. Brainard JA, Prayson RA, Barnett GH : Frozen section evaluation of stereotactic brain biopsies : diagnostic yield at the stereotactic target position in 188 cases. **Arch Pathol Lab Med** 121 : 481-484, 1997
5. Cappabianca P, Spaziante R, Caputi F : Accuracy of the analysis of multiple small fragments of glial tumors obtained by stereotactic biopsy. **Acta Cytol** 36 : 505-511, 1991
6. Chandrasoma PK, Smith MM, Apuzzo ML : Stereotactic biopsy in the diagnosis of brain masses : Comparison of results of biopsy and resected surgical specimen. **Neurosurgery** 24 : 160-165, 1989
7. Chang JC, Kim BT, Choi SK, Shin WH, Byun BJ : A clinical analysis of CT-guided stereotactic biopsy for intracranial lesions. **J Korean Neurosurg Soc** 26 : 65-70, 1997
8. Colbassani HJ, Nihio S, Sweeney KM, Bakay RAE, Takei Y : CT-assisted stereotactic brain biopsy : value of intraoperative frozen section diagnosis. **J Neurol Neurosurg Psychiatry** 51 : 332-341, 1988
9. Divitiis E, Spazianate R, Capabianca P : Reliability of stereotactic biopsy. **Appl Neurophysiol** 46 : 295-303, 1983
10. Earnest F, Kelly P, Scheithauer B : Cerebral astrocytoma : histopathological correlation of MR and CT contrast enhancement

with stereotactic biopsy. **Radiology** 166 : 823-827, 1988

11. Feiden W, Steude U, Bise K : Accuracy of stereotactic brain biopsy : comparison of the histologic findings in biopsy cylinders and resected tumor tissue. **Neurosurg Rev** 14 : 51-56, 1991
12. Finkelstein SD : CT-guided stereotactic biopsy of brain tumors : pathologic considerations. **Am J Clin Oncol(CCT)** 10 : 289-292, 1987
13. Fritsch MJ, Leber MJ, Gossett L, Lulu BA, Hamilton AJ : Stereotactic biopsy of intracranial brain lesions. **Stereotact Funct Neurosurg** 71 : 36-42, 1998
14. Glantz MJ, Burger PC, Herndon JE, Friedman AH, Gairncross JG, Vick NA, et al : Influence of the type of surgery on the histologic diagnosis in patients with anaplastic gliomas. **Neurology** 41 : 1741-1744, 1991
15. Grunert P, Ungerbock K, Bohl J, Kitz K, Hopf N : Results of 200 intracranial stereotactic biopsies. **Neurosurg Rev** 17 : 59-66, 1994
16. Hall WA : The safety and efficacy of stereotactic biopsy for intracranial lesions. **Cancer** 82 : 1749-1755, 1998
17. Kelly PJ, Dumas-Dupport C, Kispert DB, Kall BA, Scheithauer BW, Illig JJ : Imaging-based stereotactic serial biopsies in untreated intracranial glial neoplasms. **J Neurosurg** 66 : 865-874, 1987
18. Kim JE, Kim DK : Stereotactic biopsy in brain lesions. **J Korean Neurosurg Soc** 26 : 1050-1058, 1997
19. Kim JH, Lee SB, Rhee CH : CT-guided stereotaxis of intracranial mass lesions : its complications and diagnostic accuracy of biopsy. **J Korean Neurosurg Soc** 22 : 504-511, 1993
20. Kim YW, Kim JH, Seo SK, Lee JK, Kim TS, Jung S, et al : Clinical analysis of stereotactic biopsy in brain lesions. **J Korean Neurosurg Soc** 29 : 15-22, 2000
21. Kleihues P, Volk B, Anagnostopoulos J, Kiessling M : Morphologic evaluation of stereotactic brain tumor biopsies. **Acta Neurochir Suppl (Wien)** 33 : 171-181, 1984
22. Lee CH, Whang CJ : Analysis of inconclusive diagnostic lesions in stereotactic biopsy : review of cases in 5 years. **J Korean Neurosurg Soc** 24 : 882-892, 1995
23. Niizuma H, Otsuki T, Yonemitsu T, Kitahara M, Katakura R, Suzuki J : Experiences with CT-guided stereotactic biopsies in 121 cases. **Acta Neurochir Suppl(Wien)** 42 : 157-160, 1988
24. O'Neill KS, Dyer PV, Bell BA, Wilkins PR, Uttley D, Marsh HT : Is peroperative smear cytology necessary for CT-guided stereotactic biopsy? **Br J Neurosurg** 6 : 421-427, 1992
25. Ranjan A, Rajshekhar V, Joseph T, Chandy MJ, Chand SM : Nondiagnostic CT-guided stereotactic biopsies in a series of 470 cases : influence of CT morphology and operator experience. **J Neurosurg** 79 : 839-844, 1993
26. Soo TM, Bernstein M, Provias J, Tasker R, Lozano A, Guha A : Failed stereotactic biopsy in a series of 518 cases. **Stereotact Funct Neurosurg** 64 : 183-196, 1996
27. Vaquero J, Martinez R, Manrique M : Stereotactic biopsy for brain tumors : is it always necessary? **Surg Neurol** 53 : 432-438, 2000

28. Voges J, Schroder R, Treuer H, Pastyr O, Schlegel W, Lorenz WJ, et al : CT-guided and computer assisted stereotactic biopsy : technique, results, indications. **Acta Neurochir(Wien)** **125** : 142-149, 1993
29. Wen DY, Hall WA, Miller DA, Seljeskog EL, maxwell RE : Targeted brain biopsy : A comparison of freehand computed tomography-guided and stereotactic techniques. **Neurosurgery** **32** : 407-413, 1993
30. Yu X, Liu Z, Tian Z, Li S, Huang H, Xie B, et al : Stereotatic biopsy for intracranial space-occupying lesions : clinical analysis of 550 cases. **Stereotact Funct Neurosurg** **75** : 103-108, 2000