

## 급성 피질 하 소 경색 환자에 있어서 확산강조영상과 관류영상의 유용성<sup>1</sup>

장진희 · 김영주 · 양보성 · 송하현<sup>2</sup> · 김범수

**목적:** 확산 강조영상과 관류 영상을 함께 시행함으로써 급성 피질 하 소 경색의 아형 군을 분류하는데 도움을 줄 수 있는지 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 급성 피질 하 소 경색환자 중 임상적 및 추가 영상검사로 뇌경색의 아형을 진단한 182명을 후향적으로 분석하였다. 아형 군별로 확산 강조영상에서 병변의 수, 위치, 동반된 피질 하 소 경색 여부를 검사하였고, 관류 영상을 확산 강조영상과 비교하여 정상(제1형), 관류-확산 일치(제2형), 관류-확산 불일치(제3형)로 분류하여 분석하였다.

**결과:** 피질 하 소 경색의 원인은 126명(69.2%)이 소 혈관 질환, 46명(25.3%)이 대 혈관 질환, 10명(5.5%)이 심인성 색전이었다. 소 혈관 질환은 단일 병변(68.3%)과, 심부 관통동맥영역(82.5%)의 침범이 많았으며 피질 병변을 동반한 경우는 없었다. 관류 영상에서는 제1형과 2형이 각각 57.9%와 41.3%였다. 대 혈관 질환은 일측성 다발성 병변(84.8%)이 많았고 피질 병변을 동반한 경우는 65.2%이었다. 관류 영상에서는 제3형이 100%에서 나타났다. 심인성 색전의 경우 다발성 병변(60%)이 많았고 피질 병변은 20%에서 동반되었다. 관류 영상에서는 제1형과 2형이 각각 60%와 30%이었다.

**결론:** 급성 피질 하 소 경색 환자의 가장 흔한 원인은 소 혈관 질환이었다. 일측성 다발성 병변이 있거나 동반된 피질 병변이 있으면, 그리고 관류-확산 불일치를 보인 경우에는 대 혈관 질환을 고려해야 할 것이다.

피질 하 소 경색(small subcortical infarction, SSI)은 15 mm에서 20 mm 이하 크기의 피질 하 심부 경색을 말하며 주로 작은 관통동맥의 미세죽종(microatheroma)이나 지방착자체화(lipohyalinosis) 혹은 혈관괴사(angionecrosis)에 의한 소 혈관 질환(small vessel disease)과 관련된 병변으로 간주되었다(1). 소 혈관 질환은 일반적으로 생존율이 높고 재발률이 낮으며 기능적 회복이 좋은 것으로 알려져 있다. 따라서 소 혈관 질환으로 진단되는 경우 다른 뇌경색보다 엄격한 예방 치료의 필요성이 간과되는 경향이 있다. 그러나 최근에는 피질 하 소 경색이 소 혈관 폐쇄성 질환뿐만 아니라 대 혈관질환, 저 혈류 또는 혈전-전색 기전 등과 연관되어 발생할 수 있는 것으로 보고되고 있다(2, 3).

TOAST (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment) 분류는 가장 널리 쓰이는 뇌졸중 분류법이다(1). 뇌졸중의 분류에 따라 각각의 환자는 치료와 추가 검사방법이

결정되기 때문에 뇌졸중의 초기에 그 원인을 가리는 것은 환자의 예후와 깊은 관련이 있다.

확산 강조영상(diffusion-weighted imaging)은 경색 후 발생하는 세포독성 부종을 수 분 이내에 확인할 수 있는 MR 영상으로 뇌졸중이 의심되는 환자에서 널리 쓰이고 있다(4, 5). 일반적으로 확산 강조영상에서 단일 급성 피질 하 소 경색이 발견되면 소 혈관 질환으로 간주하고, 다발성으로 관찰되었을 때 색전이 원인이라 생각되어 왔지만 최근 소 혈관 폐쇄성 질환뿐만 아니라 대 혈관질환, 저 혈류 또는 혈전-전색 기전 등과 연관되어서도 단일 급성 피질 하 소 경색이 나타나고(6), 소 혈관의 전반적인 손상 또한 다발성 피질 하 소 경색을 일으키는 것으로 보고되었다(7). 따라서 확산 강조영상에서 나타나는 경색의 유형만으로는 뇌경색의 원인을 구별하기에는 한계가 있다고 하겠다. 관류 영상(perfusion-weighted imaging)은 뇌 실질의 관류 상태를 평가하는 MR 영상 기법이며, 허혈성 뇌졸중이 있는 환자에서 허혈성 반영부(ischemic penumbra)를 예측하는데 도움을 준다(8). 관류 영상의 낮은 해상도 때문에 소 혈관 질환에 의한 피질 하 소 경

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 영상의학과

<sup>2</sup>제주 한라병원 영상의학과

이 논문은 2008년 12월 8일 접수하여 2009년 3월 2일에 채택되었음.

색은 병변의 인지율은 떨어진다. 기저핵 부위의 열공 경색(lacunar infarction)과는 달리 색전에 의한 것으로 생각되는 선조-내포경색(striatocapsular infarction)의 경우 확산 강조영상에서 보이는 병변 부위보다 넓은 영역의 관류 이상이 나타났다는 보고는 있으나(9) 피질 하 소 경색의 관류 영상의 유용성에 대해서는 아직 많은 연구가 이루어지지 않고 있다.

이에 저자들은 확산 강조영상과 관류 영상을 함께 시행함으로써 급성 피질 하 소 경색의 발병 원인을 추정하여 뇌경색의 아형 군(subtype)을 분류하는데 도움을 줄 수 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

### 대상환자

2005년 1월부터 2007년 12월까지 3년간 급성 뇌경색의 증상으로 응급실을 내원한 환자 중 연구조건에 맞는 182명(33세-92세, 평균 66세)을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 연구에 포함한 조건은 1) 확산 강조영상에서 전 순환계(anterior circulation) 지배영역에 20 mm 이하의 급성 피질 하 소 경색이 있는 환자로 2) 증상 발생 후 12시간 이내에 확산 및 관류 영상을 포함한 MR 검사가 시행되었으며, 3) 뇌경색의 아형을 추정하기 위해 임상적 검사 및 혈관 검사가 이루어진 환자로 하였다. 대상에서 제외된 환자는 1) 동반된 피질 병변이 있는 경우 피질 병변의 크기가 10 mm 이상이거나 피질 하 소 경색보다 수가 많은 경우, 2) 시상(thalamus), 뇌간(brainstem) 및 후 대뇌동맥(posterior cerebral artery)과 척추기저동맥(vertebro-basilar artery) 영역을 포함하는 후 순환계(posterior circulation)를 침범하는 경우, 3) 뇌경색의 아형을 추정하기 위한 검사가 불완전하게 행해진 경우, 4) 두 가지 이상의 원인이 있거나 원인이 불분명한 경우였다. 일반적으로 전 순환계와 후 순환계를 동시에 침범하는 다발성 소 경색은 색전에 의한 경색으로 여겨지기 때문에 후 순환계를 동시에 침범한 경우는 대상에서 제외하였다.

### MRI 검사방법

MR 영상은 1.5T 장비(Avanto, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하였다. 본원 응급의료센터에서 뇌졸중을 의심하는 환자에게 시행하는 MRI 프로토콜은 확산 강조영상, 경사예코영상, 액체감약반전회복 영상(FLAIR, fluid attenuated inversion recovery)과 3차원 time-of-flight (TOF) MR 혈관 조영술 및 관류 영상 등으로 구성되었다. 확산 강조영상은 single-shot, echo planar imaging(EPI) 기법으로 반복시간(repetition time, TR) 3,400 ms, 에코 시간(echo time, TE) 89 ms, matrix 192×192, field of view(FOV) 230×230 mm, 절편 두께/간격 5/2 mm, b factor = 0, 1000 sec/mm<sup>2</sup>의 영상변수를 사용하였다. 관류 영상은 경사예코 EPI 기법으로 gadopentetate dimeglumine(Magnevist; Schering AG, Berlin, Germany)을 0.2 mmol/kg 용량으로 4 mL/sec의 속도로 주

입한 후 획득하였다. EPI 영상획득은 조영제 주입 10초 전부터 시작하여 40 series를 시행하였으며 각 series 별로 19개의 단면을 얻었다. 촬영조건은 TR/TE 1,400/30 msec, flip angle 90°, FOV 230 mm, matrix 128×128, 절편 두께/간격 5/2 mm, single acquisition으로 얻었다.

### 영상분석방법

2명의 영상의학과 의사가 환자의 임상 정보는 모르는 상태에서 후향적으로 뇌 MRI를 분석하였다. 확산 강조영상에서 고 신호 강도로, 현성 확산 계수(apparent diffusion coefficient, ADC)지도에서 저 신호 강도로 나타나는 장경 20 mm 이하의 급성 소 경색 병변의 수를 단일 병변, 다발성 병변(일측성, 양측성)으로 나누었고 병변의 위치는 Bogousslavsky 분류에 따라 심부 관통동맥 경색(deep perforator infarction, DP), long medullary artery에 의한 뇌경색인 표재성 관통동맥 경색(superficial perforator infarction, SP), 두 혈관의 경계부위에 생기는 뇌경색(internal borderzone infarction, IB) 및 복합 피질 하 경색(combined subcortical infarction, CS)으로 구분하였다. 영역의 분류는 Bogousslavsky와 Regli의 틀(template)을 이용하였다(10). DP와 SP 영역의 구분이 명확하지 않은 경우 틀을 기준으로 2인의 협의로 영역을 결정하였다. 동반된 색전 신호의 빈도를 알아보고자 확산 강조영상에서 10 mm 이하의 고 신호 병변이 경계부나 난원형 반구(centrum ovale)의 바깥쪽에 있는 뇌 피질의 소 경색의 존재 여부를 검사하였다.

관류 영상을 workstation (syngo MR Workplace; Siemens AG, Erlangen, Germany)으로 옮겨 workstation에 장착된 소프트웨어를 이용하여 각 상대적 평균 전이 시간(relative mean transit time, rMTT), 뇌 혈류량(cerebral blood volume, CBV), 뇌 혈류속도(cerebral blood flow, CBF) 지도를 얻었다. 이 중 MTT 지도를 확산 강조영상과 육안으로 비교하였다. 확산 강조영상에서 보이는 고 신호 강도의 병변 부위와 비교하여 관류 지연 부위를 평가하여 관류 이상 부위가 인지되지 않은 경우(제1형), 크기가 일치한 경우(제2형), 광범위한 관류 지연이 나타난 관류-확산 불일치(제3형)로 나누었다.

### 허혈성 뇌경색의 분류

환자들을 TOAST 분류법에 따라 뇌경색을 분류하였으며 각각의 원인에 따른 확산 강조영상과 관류강조영상의 양상을 비교 분석하였다. 뇌경색의 분류는 환자의 임상력과 혈액소견, 뇌혈관 MR 혹은 CT 혈관 촬영술, 경동맥 duplex 초음파, 경두개 도플러, 고식적 뇌혈관 촬영술, 및 심인성 기전이 의심되는 환자는 기본적인 심전도 외에 24시간 심전도나 경흉부 심초음파 검사(transsthoracic echocardiography)를 통하여 이루어졌다.

대 혈관 질환은 심인성 색전증의 증거 없이 병변측 내 경동맥이나 중뇌동맥에 50%이상의 협착이나 폐색이 있는 경우, 소 혈관 폐색은 임상적으로 열공 증후군의 증상이 있고 심인성

색전증이나 대 혈관의 50% 이상의 협착 없이 20 mm 이하의 경색이 있는 경우로 하였다. 심인성 색전증은 대 혈관의 죽상 경화증에 의한 색전이나 혈전의 증거 없이 SST-TOAST (Stop Stroke Study TOAST) 분류법 기준에 따라 심방 세동 (atrial fibrillation)이나 최근 1개월 사이 심근경색증의 기왕력, 혹은 심 초음파 검사에서 심장 색전의 고 위험 요인이 발견되었을 경우로 하였다(11). 두 개 이상의 원인이 있거나 그 외 다른 원인에 의한 경우는 대상에서 제외하였다.

통계적인 분석은 Fisher's exact test를 이용하여 영상학적 소견과 경색의 아형과의 상관관계를 분석하였으며, 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다(SPSS 11.5, Chicago, IL).

## 결 과

2005년 1월부터 2007년 12월까지 3년간 급성 뇌경색의 증상으로 응급실로 내원한 전체 2,149명의 환자 중 371명(17%)이 피질 하 소 경색 환자였고 이 중 연구조건에 맞는 환자는 182명이었다. 환자의 평균 연령은 66세(33세-92세)였고 성별은 남 110, 여 72명이었다. TOAST 분류에 의한 피질 하 소 경색의 원인은 126명(69.2%)이 소 혈관 질환, 46명(25.3%)이 대 혈관 질환, 10명(5.5%)이 심인성 색전이였다. 심인성 색전 환자에서 심인성 색전의 기저 심장질환으로는 심방 세동(8명), 심근경색(1명)과 심 내막염(1명)이 있었다.

피질 하 소 경색의 기전 별 확산 강조영상과 관류 영상의 소견은 표에 정리하였다(Table 1).

소 혈관 질환에서 확산 강조영상에서 관찰되는 병변의 수는 단일 병변(68.3%)이 다발성 병변(31.8%)보다 많았고, 다발성 병변 중 일측성이 27.8%, 양측성이 4%였다. 피질 병변을 동반한 경우는 없었다. 병변의 위치는 DP 영역(82.5%)이 SP 영역(14.3%)이나 CS 영역(3.2%)보다 많았다. 관류 영상에

서는 관류 이상 부위가 인지되지 않은 제1형이 57.9%였고 크기가 일치 한 제2형이 41.3%였다(Fig. 1). 관류-확산 불일치(제3형)은 1예로 0.8%에서 관찰되었다.

대 혈관 질환에서 확산 강조영상에서 관찰되는 병변의 수는 단일 병변(15.2%)보다는 다발성 병변(84.8%)이 많았고 다발

Table 1. Neuroradiological Characteristics of Subtypes of Small Subcortical Infarcts

|                        | LAD         | CE        | SAD          |
|------------------------|-------------|-----------|--------------|
| DWI                    |             |           |              |
| Lesion Number          |             |           |              |
| Single                 | 7 (15.2%)   | 4 (40.0%) | 86 (68.3%)   |
| Multiple, unilateral   | 39 (84.8%)* | 3 (30.0%) | 35 (27.8%)   |
| Multiple, bilateral    | 0 (0%)      | 3 (30.0%) | 5 (4.0%)     |
| Cortical spotty lesion | 30 (65.2%)* | 2 (20%)   | 0 (0%)       |
| Lesion location        |             |           |              |
| SP                     | 8 (17.4%)   | 2 (20%)   | 4 (3.2%)     |
| DP                     | 7 (15.2%)   | 7 (70%)*  | 18 (14.3%)   |
| IB                     | 15 (32.6%)  | 0 (0%)    | 104 (82.5%)* |
| CS                     | 16 (34.8%)  | 1 (10%)   | 0 (0%)       |
| PWI                    |             |           |              |
| Type 1                 | 0 (0%)      | 6 (60.0%) | 73 (57.9%)   |
| Type 2                 | 0 (0%)      | 3 (30.0%) | 52 (41.3%)   |
| Type 3                 | 46 (100%)*  | 1 (10.0%) | 1 (0.8%)     |
| Site of stenosis       |             |           |              |
| MCA                    | 25 (54.3%)  | -         | -            |
| ICA                    | 21 (45.7%)  | -         | -            |

DWI, diffusion-weighted imaging; PWI, perfusion-weighted imaging; CE, cardioembolism; ICA, internal carotid artery; LAD, larger artery disease; MCA, middle cerebral artery; SAD, small artery disease. SP, superficial perforator; DP, deep perforator; IB, internal border zone; CS, combined subcortical; Type 1, absent hypoperfusion; Type 2, matched hypoperfusion; Type 3, mismatched hypoperfusion. *P* values by the Fisher's exact test; \* $p < 0.05$

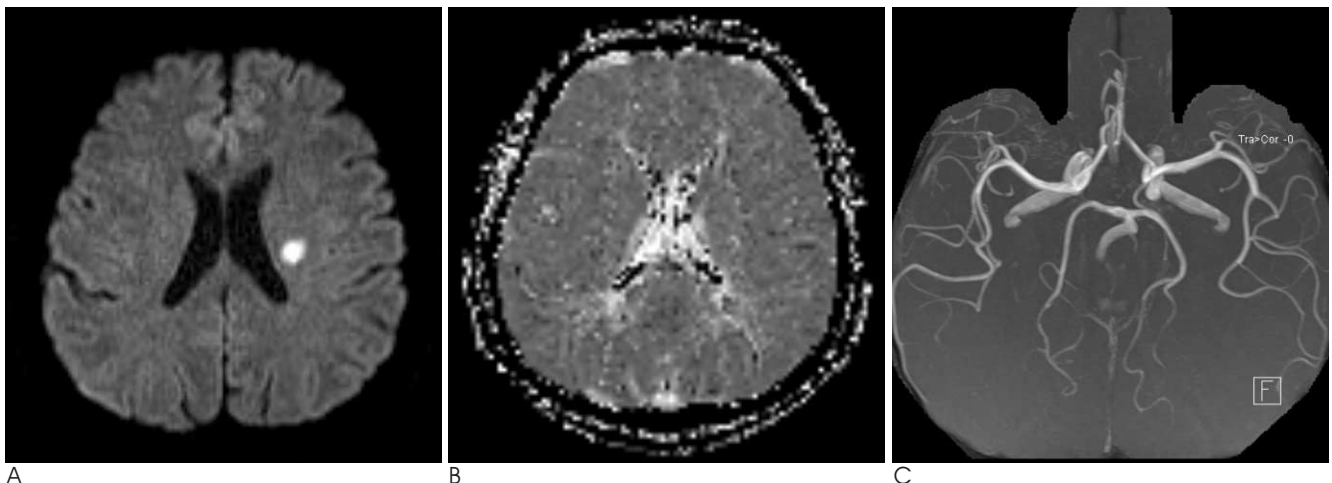


Fig. 1. Small vessel disease in a 52-year-old man presented with dysarthria and right hemiparesis.

A. Diffusion-weighted image demonstrates a small subcortical infarct in left deep perforator territory.

B. Mean transit time map obtained at the same level as A shows no pathologic change at the corresponding area of diffusion-weighted image abnormality (Type 1).

C. MR angiogram shows normal signal in both middle cerebral arteries. Transthoracic echocardiography was normal.

성인 경우 100% 일측성이었다( $p < 0.05$ ). 피질 병변을 동반한 경우는 65.2%였다( $p < 0.05$ ). 병변의 위치는 DP 영역(15.2%) 이나 SP 영역(17.4%) 보다는 IB 영역(32.6%)과 CS 영역(34.8%)이 많았다. 관류 영상에서는 광범위한 관류-확산 불일치(제 3형)가 100%에서 나타났다( $p < 0.05$ ). 혈관의 협착은 중뇌동맥 협착이 54.3%, 내 경동맥 협착이 45.7%를 차지하였다(Fig. 2).

심인성 색전은 확산 강조영상에서 단일 병변(40%)보다는 다발성 병변(60%)이 많았고 다발성 병변은 일측성과 양측성이 각각 30%이었다. 피질 병변은 20%에서 동반되었다. 병변의 위치는 DP 영역(70%)이 많았고 SP 영역과 CS 영역이 각각 20%와 10%였다. 관류 영상에서는 관류 이상 부위가 인지되지 않은 제1형이 60%였고 크기가 일치한 제2형이 30%였다(Fig. 3). 관류-확산 불일치(제3형)은 1예로 10%에서 관찰되었다.

## 고 찰

일반적으로 열공 경색은 '열공증후군'이라는 특정 증상을 가지게 되고 비교적 가벼운 임상 경과를 보인다. 열공 경색은

소 동맥 질환으로 대형 동맥에는 이상이 없이 해당 혈관 내벽의 미세죽상경화, 지방초자체화 등의 병리 소견을 보이나 임상적으로는 병리 소견보다는 병변의 크기와 위치, 신경학적 증상에 따라 열공 경색이라는 명칭을 많이 사용하고 있다. 그러나 최근에는 소 동맥 질환뿐만 아니라 뇌내동맥의 협착이나 동맥경화가 발견되는 경우가 많고 이러한 경우 기존의 열공 경색과 구별하여 '열공 유사경색'이라는 용어를 사용하기도 한다. 그러나 방사선학적인 소견, 즉 MRI나 CT 상에 나타나는 병변의 크기와 위치, 형태만으로는 이러한 대형 동맥의 이상에 의한 '열공 유사경색'과 소 동맥의 병변에 의한 순수 열공 경색을 구분할 수 없으며 다만 뇌실 주위 변성이나 잠행성 피질 하 경색이 열공 경색에서 더 많이 관찰된다는 보고가 있다(12).

저자들의 연구에서도 20 mm 이하의 피질 하 소 경색은 다양한 원인을 보였다(Table 1). 이중 소 혈관 질환이 69.2%로 가장 흔한 원인이었다. 소 혈관 질환은 확산 강조영상에서는 단일 병변으로 DP 영역을 주로 침범하는 소견을 보였다. 동반된 피질 소 경색은 심장이나 대 혈관으로부터 기원된 색전이 원인이라 일반적으로 여겨지는 데 본 연구에서도 소 혈관 질환에서는 피질 소 경색이 동반된 경우는 없었다. 그러나 단일 피질 하 소 병변이 대 혈관 질환(15.2%)과 심인성 색전(40.0%)

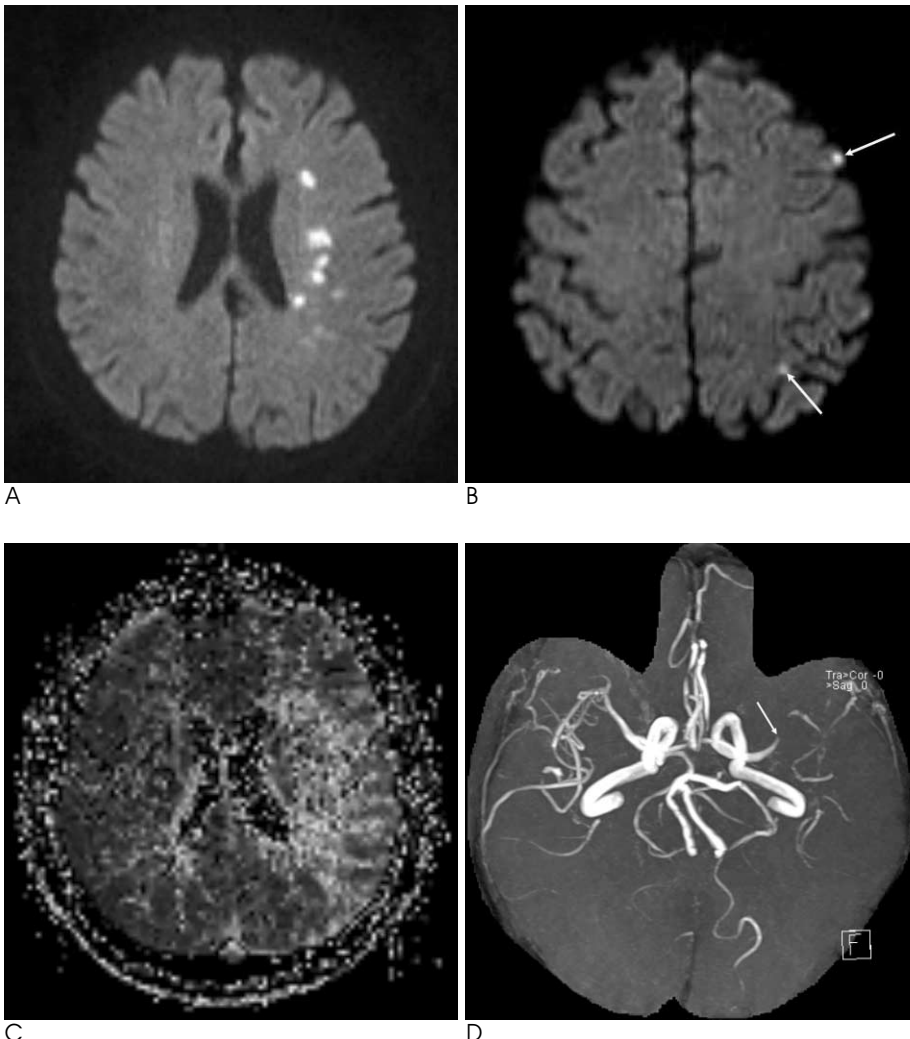


Fig. 2. Large artery disease in a 66-year-old woman presented with dysarthria and right hemiparesis. A, B. Diffusion-weighted images demonstrate multiple chain-like small subcortical infarcts in the left internal watershed zone (A) with concomitant cortical spotty lesions (B, arrows). C. Mean transit time map obtained at the same level as A shows region of prolonged mean transit time in left middle cerebral artery territory that is much larger than diffusion-weighted abnormality (Type 3). D. MR angiogram reveals severe stenosis or occlusion of left middle cerebral artery (arrow). Transthoracic echocardiography was normal.



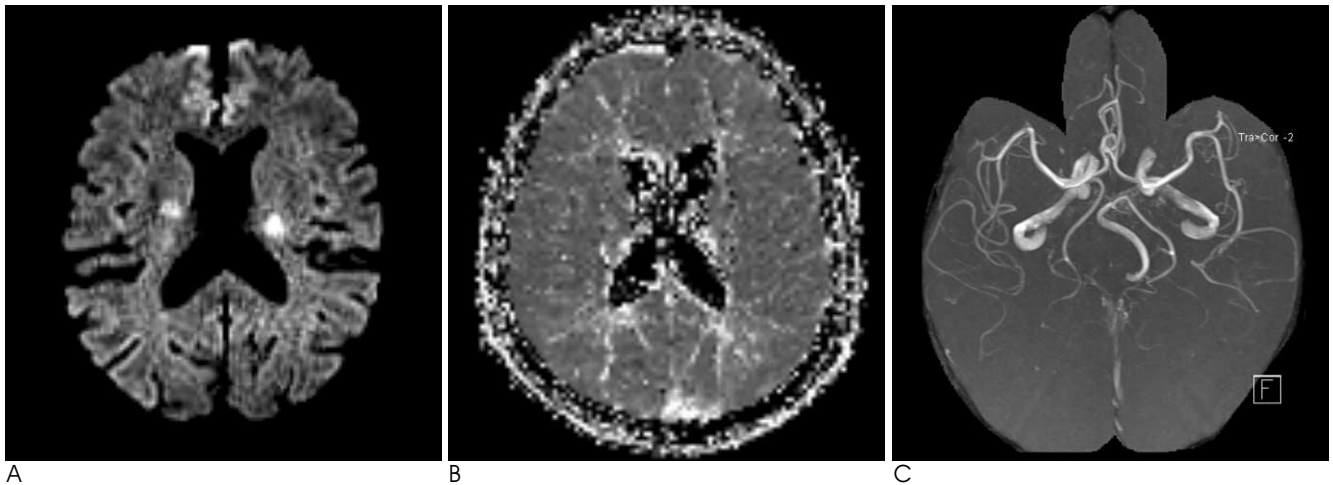


Fig. 3. Cardioembolic stroke in a 66-year-old woman presented with bilateral leg paresis.

A. Diffusion-weighted image demonstrates two small subcortical infarcts in bilateral deep perforator territories.

B. Mean transit time map obtained at the same level as A shows no definite abnormality (Type 1).

C. MR angiogram shows normal signal intensity in both middle cerebral arteries. There was no history of hypertension and smoking. Serologic parameters for vasculitis were negative. Transthoracic echocardiography revealed atrial fibrillation as a potential source of cardiac embolism.

에서도 나타났고 소 혈관 질환에서도 다발성 병변이 일측성 (27.8%) 및 양측성 (4.0%)으로 나타났으며. 또한, 심인성 색전 (70%)과 대 혈관 질환 (15.2%)에서도 DP 영역을 침범했다. 따라서 확산 강조영상에서의 병변의 수나 위치로 경색의 원인을 구분하는 데는 한계가 있었다. 관류 영상의 경우 정상이거나 확산 강조영상에서의 병변 부위와 일치하여 관류 이상이 확인된 환자들은 대부분이 소 혈관 질환이 그 원인이었다 (126/136). 즉 20 mm 미만의 병변이 정상 관류 영상 (제1형) 혹은 관류-확산 영상 일치 소견 (제2형)을 보일 경우에는 소 혈관 질환의 가능성이 크며, 드물게 심인성 색전에 의한 경우가 있었다. 관류 영상에서 병소가 관찰되지 않은 제1형의 경우는 소 혈관 질환이 73명 (57.9%), 심인성 색전이 6명 (60%)이었는데 아주 작은 경색의 경우 저 관류가 있다 하더라도 관류 영상의 해상도가 미치지 않아 관류 영상에서는 병소가 발견되지 않았을 가능성이 크다.

소 혈관 질환을 제외한 다른 원인으로 가장 많은 수를 차지한 것은 대 혈관 질환이었다. 이는 15 mm를 피질 하 소 경색의 기준으로 한 다른 연구에서 소 혈관 질환을 제외한 가장 많은 원인이 대 혈관 질환이었다는 결과와도 일치한다 (6). 확산 강조영상에서 대 혈관 질환을 추정할 수 있는 소견으로는 병변이 일측 다발성이고, IB 영역이나 CS 영역에 있으며, 동반된 피질 소 경색이 있는 소견이었으나 대 혈관 질환에서도 단일 병변으로 나타난 경우도 15.2%이었고, SP 영역 (17.4%)이나 DP 영역 (15.2%)을 침범하였으며, 피질 병변을 동반하지 않은 경우도 34.8%이었다. 반면, 관류 영상에서는 관류-확산 영상 불일치를 보인 제3형의 경우에 2예 (심인성 색전 1예, 소 혈관 질환 1예)를 제외하고는 모든 환자에서 대 혈관 질환이 그 원인이었다 (46/48). Chaves 등 (13)의 경계 부 영역 (borderzone) 경색에 대한 관류강조영상 연구에 따르면 일시

적인 저혈압에 의한 경계 부 영역 경색은 관류 강조영상에서 정상 소견을 보인다고 하였으며, 색전에 의한 경우에는 일치하는 확산-관류 비정상을 보일 수 있으며 대 혈관 질환과 연관된 경우에는 한 개 이상의 혈관 지배영역에 넓은 관류 이상 부위가 발견될 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 대 혈관 질환이 있는 경우 혈류가 감소하여 있는 상황에서 동맥-동맥간 색전이나 혈 역학적 장애 등의 원인에 의해서 좀 더 취약한 부분에 경색이 발생하고 이 부분이 확산 강조영상으로 확인되는 것으로 설명할 수 있겠다. 즉, 관류 영상은 대 혈관 질환에 의한 경색 이전의 허혈, 혹은 혈류가 감소한 부위를 잘 확인할 수 있으며, 이 부위 중에서 좀 더 혈 역학적 변화에 취약한 경계 부위에서 작은 경색이 발생하게 되는 것으로 설명된다. 그러나 뇌경색을 유발하는 가장 흔한 병태생리인 동맥경화증은 여러 혈관을 동시에 침범하기 때문에 소 혈관 질환과 대 혈관 질환이 공존하는 환자에서 소 혈관 질환에 의한 뇌졸중이 발생한 후 영상에서는 잠재성 대 혈관 질환이 관류강조영상에서 이상부위로 나타나는 가능성이 있겠다. 특히 비 침습적 방법으로 소 혈관 질환의 주 침범부위인 관통혈관을 확인하는 것이 어려운 점 또한 동반된 소 혈관 질환을 간과하는 원인이 될 수 있겠다.

한편, 대 혈관 질환에서 나타났던 관류-확산 영상 불일치 중 대뇌동맥이나 내 경동맥 지배 영역에서 광범위하게 나타났던 것과는 달리 심인성 색전과 소 혈관 질환에서 관찰되었던 제3형 관류 영상소견의 경우, 심인성 색전 1예에서는 중 대뇌동맥의 원 위부 분지 지배영역에 피질을 포함하여 저 관류를 보였고 소 혈관 질환 1예에서는 확산 강조 영상의 병변보다 넓은 부위의 뇌 백질에 국소적인 저 관류를 보였으나 뇌 피질의 저 관류는 관찰되지 않았다. 과거 연구에 의하면 외측 렌즈핵 선조체 동맥 (lateral lenticulostriatal artery)의 분지영역 (ramification zone)은 6×18 mm에서 33×40 mm에 이르

며 관통 동맥의 50% 이상이 몇 개의 공동 줄기에서 갈라져 나가며 때때로 단일 공동 줄기에서 모든 렌즈 핵 선조체동맥이 갈라져 나가는 경우도 있다고 보고하였다(14, 15). 따라서 소 혈관 질환에서 나타났던 국소적인 관류-확산 불일치는 단일 공동 줄기 기시부의 소 혈관의 폐색으로 인해 지배 영역의 관류 저하가 오고 좀 더 취약한 부위에 확산 강조영상에서 나타나는 경색이 온 것으로 추정할 수 있다.

대 혈관 질환의 경우 중뇌동맥의 협착은 39명(59%)에서, 내 경동맥의 협착은 21명(40.6%)의 환자에서 나타났다. 전 뇌동맥(anterior cerebral artery)의 근위 부는 저 형성 및 무 형성이 정상변이로도 나타날 수 있으므로 혈관촬영술 상 전 뇌동맥 근위 부에 국한되어 혈관이 관찰되지 않은 경우는 정상으로 판독하였다. 서양의 보고에서는 피질 하 소 경색에서 두개 내 혈관 협착의 보고는 매우 드물고, 대부분 보고에서 두개 내 혈관 협착, 특히 심부 관통혈관의 개구부인 모 동맥의 협착은 무시될 정도인데 비하여 두개 외 경동맥 협착에 의해 발생한 예는 비교적 많이 보고되고 있는 있지만 동양인에서는 두개 내 혈관 협착은 두개 외 혈관협착보다 그 빈도가 높아 이것이 피질 하 소 경색의 발생기전에서도 영향을 미치리라 생각되고 있다(16, 17). 본 연구에서도 중 뇌동맥협착이 39명, 내 경동맥의 협착이 21명으로 두개 내 혈관 협착, 특히 중 뇌동맥 협착이 대 혈관 질환에 의한 피질 하 소 경색의 주된 원인이었다. 한편, 중 뇌동맥 협착이 원인이었던 경우에서 확산 강조영상에서의 병변의 위치는 DP 영역이 많았고 내 경동맥협착의 경우 IB 영역과 SP 영역이 많았다.

최근 연구에 의하면 피질 하 소 경색의 병인에 있어서 색전의 중요한 역할을 제시하고 있다. 난원형 반구에 생긴 소 경색의 병리학적 연구에서, Lammie 와 Wardlaw(18)는 12예 중 10예에서 심장이나 대 혈관으로부터 색전의 잠재적인 원인을 증명하였다. 저자들의 연구에서 심인성 색전에 의한 피질 하 소 경색은 10명(5.5%)으로 서구인에 비교하여 한국인이 소 혈관 질환과 뇌 내 혈관의 폐쇄성 질환이 흔하며 상대적으로 심인성 색전이 흔하지 않다는 과거 보고와 일치했다(19). Wessels 등(6)은 확산 강조영상에서 심인성 경색을 추정할 수 있는 소견은 단일 병변인 경우 피질과 피질에 인접한 백질 병변으로 나타나고 다발성인 경우 대뇌 좌우 반구의 전 순환계 및 후 순환계를 동시에 침범한 경우라고 하였다. 본 연구에서 심인성 색전이 피질 하 소 경색의 원인이었던 경우는 확산 강조영상에서는 DP 영역에 일측성 혹은 다발성 병변으로 나타났고 피질 병변을 20%에서 동반하였다. 심인성 색전에서 DP 영역에 병변이 잘 생기는 이유에 관하여 심인성 뇌경색과 혈관 원성 뇌경색(artery-to artery embolism)을 CT로 비교한 연구에 의하면 표재성(superficial) 뇌경색은 혈관원성 뇌경색에서 많고, 표재성과 심부 뇌경색이 동시에 있는 경우는 심인성 뇌경색에서 많다고 하였으며(20), 이는 혈관원성 색전은 백색 혈전(white thrombus)으로 주로 혈소판 응집괴로 구성되며, 심인성 색전은 적색 혈전(red thrombus)으로 주로 혈소판과 섬유소 응집괴로 구성되어 있으므로(21), 심인성 뇌경색에서 색전의 크기는 혈관원성 뇌경색에 비해 더 크고, 따라서 보다

근위 부에 뇌경색이 생긴다고 하였다(20). 본 연구에서 심인성 색전은 관류 영상에서는 주로 정상(제1형)이거나 일치한 관류 이상(제2형)으로 나타났다(9/10). 심인성 뇌경색에서도 색전에 의한 뇌 내 동맥 폐색으로 인해 광범위한 제3형의 관류-확산 불일치가 나타날 수 있으나(22) 본 연구에서는 심인성 색전이 원인이었던 경우가 10예에 불과하였고 20 mm 이하의 피질 하 소 경색만을 대상으로 하였기 때문에 제3형의 관류 영상 소견은 1예에 불과하였고 이때도 원 위부 혈관의 폐색에 의한 것으로 여겨지는 피질을 포함한 국소적인 저 관류로 나타났다. 심인성 색전의 경우 기저 질환이 독특하며 그 빈도가 낮아서 다른 질환의 감별 후에 진단되는 경우가 많아지는데 본 연구에서는 경우에 따라서 피질 하 소 경색이 동반되었던 것이 소 혈관 질환과의 차이점이었다. 따라서 20 mm 이하의 피질 하 소 경색 환자에서 동반된 피질 하 소 경색이 있고 정상 혹은 일치한 관류-확산 영상소견을 보일 경우 심인성 색전의 가능성을 생각하여야 할 것이다.

급성 피질 하 소 경색 원인을 살펴보면 가장 많은 수를 차지하는 것이 소 혈관 질환에 의한 것이며 그 뒤를 대 혈관 질환이 따르고 있다. 즉, 급성 피질 하 소 경색 환자에서 전형적인 소 혈관 질환에 의한 소견, 즉 정상 관류 영상 혹은 일치하는 확산-관류 비정상을 보이는 그룹을 제외하면 대 혈관 질환의 가능성이 커진다고 할 수 있다. 열공 증후군을 보이는 환자에게 발생하는 이차적인 경색을 적발하기 위해 확산 강조영상과 관류 영상을 함께 사용하는 것은 임상에게 원인이 되는 잠재적인 색전증 원인을 찾게 하고 이를 치료 함으로써 이차적인 뇌졸중의 방지전략을 맞추도록 할 수 있을 것이다.

본 연구의 제한 점으로 저자들은 관류-확산영상의 불일치 판정여부를 정량적 분석과정 없이 육안으로 판정하였다. 그러나 실제 임상환경에서 관류량의 측정은 시간상으로 오래 걸리며 정확한 정량적 측정도 어렵다. 따라서 실제 시간을 다투는 응급 임상환경에서 곧바로 적용할 수 있는 육안적 비교로 관류-확산 지도의 불일치 여부를 판정하였다.

결론적으로 급성 피질 하 소 경색 환자에서 있어서 확산 강조영상에서 일측성 다발성 병변이 있거나 동반된 피질 하 소 경색이 있을 경우, 그리고 관류 영상에서 관류-확산 불일치를 보인 경우에는 대 혈관 질환에 의한 피질 하 소 경색을 고려해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Adams HP Jr, Bendixen BH, Kappelle LJ, Biller J, Love BB, Gordon DL, et al. Classification of subtype of acute ischemic stroke: definitions for use in a multicenter clinical trial. *Stroke* 1993;24:35-41
2. Kappelle LJ, Koudstaal PJ, Gijn J, Ramos LM, Keunen JE. Carotid angiopathy in patients with lacunar infarction: a prospective study. *Stroke* 1988;19:1093-1096
3. Horowitz DR, Tuhim S, Weinberger JM, Rudolph SH. Mechanism in lacunar infarction. *Stroke* 1992;23:325-327
4. Warach S, Chien D, Li W, Ronthal M, Edelman RR. Fast magnetic resonance diffusion-weighted imaging of acute human stroke. *Neurology* 1992;42:1717-1723

5. Chien D, Buxton RB, Kwong KK, Brady TJ, Rosen BR. MR diffusion imaging of the human brain. *J Comput Assist Tomogr* 1990;14: 514-520
6. Wessels T, Wessels C, Ellsiepen A, Reuter I, Trittmacher S, Stolz E, et al. Contribution of diffusion-weighted imaging in determination of stroke etiology. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27:35-39
7. Chowdhury D, Wardlaw JM, Dennis MS. Are multiple acute small subcortical infarctions caused by embolic mechanisms? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004;75:1416-1420
8. Sorensen AG, Copen WA, Ostergaard L, Buonanno FS, Gonzalez RG, Rordorf G, et al. Hyperacute stroke: simultaneous measurement of relative cerebral blood volume, relative cerebral blood flow, and mean tissue transit time. *Radiology* 1999;210:519-527
9. Darby DG, Barber PA, Gerraty RP, Desmond PM, Yang Q, Parsons M, et al. Pathophysiological topography of acute ischemia by combined diffusion-weighted and perfusion MRI. *Stroke* 1999; 30:2043-2052
10. Bogousslavsky J, Regli F. Centrum ovale infarcts: subcortical infarction in the superficial territory of the middle cerebral artery. *Neurology* 1992;42:1992-1998
11. Ay H, Furie KL, Singhal A, Smith WS, Sorensen AG, Koroshetz WJ. An evidence-based causative classification system for acute ischemic stroke. *Ann Neurol* 2005;58:688-697
12. Adachi T, Kobayashi S, Yamaguchi S, Okada K. MRI findings of small subcortical "lacunar-like" infarction resulting from large vessel disease. *J Neurol* 2000;247:280-285
13. Chaves CJ, Silver B, Schlaug G, Dashe J, Caplan LR, Warach S. Diffusion- and perfusion-weighted MRI patterns in borderzone infarcts. *Stroke* 2000;31:1090-1096
14. Marinkovic SV, Milisavljevic MM, Kovacevic MS, Stevic ZD. Perforating branches of the middle cerebral artery: microanatomy and clinical significance of their intracerebral segments. *Stroke* 1985;16:1022-1029
15. Umansky F, Gomes FB, Dujovny M, Diaz FG, Ausman JI, Mirchandani HG, et al. The perforating branches of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 1985;62:261-268
16. Kappelle LJ, Koudstaal PJ, van Gijn J, Ramos LM, Keunen JE. Carotid angiopathy in patients with lacunar infarction: a prospective study. *Stroke* 1988;19:1093-1096
17. Bogousslavsky J, Barnett HJ, Fox AJ, Hachinski VC, Taylor W. Atherosclerotic disease of the middle cerebral artery. *Stroke* 1986; 17:1112-1120
18. Lammie GA, Wardlaw JM. Small centrum ovale infarcts- a pathological study. *Cerebrovasc Dis* 1999;9:82-90
19. Lee BC, Hwang SH, Jung S, Yu KH, Lee JH, Cho SJ, et al. The Hallym stroke registry: a web-based stroke data bank with an analysis of 1,654 consecutive patients with acute stroke. *Eur Neurol* 2005;54:81-87
20. Timsit SG, Sacco RL, Mohr JP, Foulkes MA, Tatemichi TK, Wolf PA, et al. Brain infarction severity differs according to cardiac or arterial embolic source. *Neurology* 1993;43:728-733
21. Caplan LR. Brain embolism, revisited. *Neurology* 1993;43:1281-1287
22. Kim HJ, Yun SC, Cho KH, Cho AH, Kwon SU, Kim JS, et al. Differential patterns of evolution in acute middle cerebral artery infarction with perfusion-diffusion mismatch: atherosclerotic vs. cardioembolic occlusion. *J Neurol Sci* 2008;273:93-98

## Contribution of Diffusion and Perfusion MRI Patterns in Small Subcortical Infarcts<sup>1</sup>

Jin Hee Jang, M.D., Young Joo Kim, M.D., Po Song Yang, M.D.,  
Ha Hun Song, M.D.<sup>2</sup>, Bum Soo Kim, M.D.

<sup>1</sup>Department of Radiology, College of Medicine, The Catholic University of Korea

<sup>2</sup>Department of Radiology, Cheju Halla Hospital

**Purpose:** We evaluated whether combined diffusion-weighted imaging (DWI) and perfusion-weighted imaging (PWI) could identify stroke subtypes in patients with acute small subcortical infarcts (SSI), according to the Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST) classifications.

**Materials and Methods:** A total of 182 patients with acute SSI in the middle cerebral artery territory were studied retrospectively. Lesions on DWI were evaluated as number, location, and combined cortical spotty lesion. PWI using mean transit time (MTT) was classified as type 1 (normal perfusion), type 2 (matched perfusion-diffusion), and type 3 (mismatched perfusion-diffusion).

**Results:** There were 126 (69.2%) patients with small vessel disease, 46 (25.3%) with large artery atherosclerosis, and 10 (5.5%) with cardio-embolism in patients with acute SSI within the middle cerebral artery territory. We found a significant overall association of DWI and PWI lesion patterns and classification with stroke subtype by using the TOAST criteria ( $p < .05$ ). Multiple unilateral lesions, accompanying cortical embolic signals and type 3 pattern of perfusion abnormality were associated significantly with large-artery atherosclerosis.

**Conclusion:** The most common pathogenesis of SSI was small vessel disease. Our study indicates that multiple unilateral SSI or cortical embolic signals accompanying mismatched perfusion-diffusion warrant evaluation of the presence of large artery disease.

**Index words :** Cerebral infarction

Magnetic resonance (MR), diffusion

Magnetic resonance (MR), perfusion imaging

Address reprint requests to : Young Joo Kim, M.D., Department of Radiology, Uijongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine,  
The Catholic University of Korea, 65-1 Kumoh-dong, Uijongbu 480-130, Korea.  
Tel. 82-31-820-3599 Fax. 82-31-846-3080 E-mail: violet2@catholic.ac.kr