

여성골반 MRI 프로토콜

신 유 리 · 나 성 은

여성골반 질환 영역에 있어서 초음파가 적은 비용과 안전성 등의 이유로 가장 흔히 이용되는 최우선적 검사라 한다면 MRI는 정확한 진단과 치료 결정을 위한 중요한 정보를 제공하는 최선의 영상검사로 이미 널리 이용되고 있다. 여성 골반 MRI의 적응증은 광범위하지만 선천성 기형, 자궁 및 난소 종양의 양성 및 악성 감별진단, 악성 자궁 및 난소 종양의 병기 결정 등에 주로 사용되고 있다. 따라서 여성골반 질환의 정확한 진단과 치료 방침 결정에 있어 각각의 질환에 따른 최적의 영상을 얻기 위한 MRI 프로토콜에 대한 이해가 중요하다.

서 론

MRI는 CT에 비해 연부조직 대조도가 뛰어나고 골반은 상복부에 비해 움직임에 의한 인공물의 영향이 적어 비교적 좋은 영상을 얻을 수 있기 때문에 골반 질환의 진단에서 1990년대 초부터 최선의 영상검사로 이용되어 왔다. 1990년대 초반에는 스핀에코 기법을 이용하여 영상획득시간이 길었고 저해상도의 영상을 얻었다. 그러나 1990년대 중반에 위상배열코일 (phased array coil)이 도입되면서 신호대잡음비가 향상되어 영상의 질이 획기적으로 개선되는 중요한 진전이 있었고 최근에는 다중코일을 이용하면서 고해상도의 영상을 얻을 수 있게 되었다. 초기에 사용하던 스핀에코 기법은 고속스핀에코 (turbo spin echo) 기법을 이용하여 운동인공물의 영향을 덜 받는 양질의 영상을 얻을 수 있게 되었다. 골반 MRI는 주로 1.0-1.5T에서 시행되어 왔으나 최근에는 3T MRI도 임상적으로 많이 이용되고 있는 추세이다. 본 소고에서는 여성 골반 MRI의 적응증에 따른 기본적인 프로토콜을 설명하고 현재 이용빈도가 증가하며 활발히 연구가 진행 중인 확산강조영상의 여성골반질환에서의 적응과 3T MRI의 골반 적용에 대해 기술하고자 한다.

본 론

환자의 준비

대부분의 경우 골반 MRI 시행 전에 특별한 준비는 필요하지 않다. 가능하면 검사 전 4-6시간 금식을 하여 운동인공물을 줄이도록 하고, 검사 전 1-2시간 가랑 소변을 참게 하여 방광을 채우면 좀더 좋은 영상을 얻을 수 있다. 방광이 비게 되면 자궁과 방광 사이 복막강에 위치한 병변이 가려질 수 있고, 방광이 너무 심하게 팽만하면 방광벽 수축에 따른 운동인공물이 생길 수 있다. 검사 전에 녹내장 등의 특별한 부작용이 없는 경우 항연동운동제인 Butylscopolamine bromide (부스코판®, 20~40 mg)나 글루카곤 (1 mg)을 근육 또는 정맥 주사하면 장 연동운동을 억제 혹은 감소시킬 수 있다.

필요한 경우 직장이나 질에 조영제를 사용할 수 있다 (1). 질의 뒤쪽 천장 (fornix)에 60 mL의 무균 초음파 젤을 넣으면 자궁경부암의 질 천장 침범 여부를 진단하거나 작은 자궁경부암 종괴의 발견, 또는 질 절단부에 발생한 재발암의 진단에 도움이 된다. 또한 양성질환으로는 질과 골반강 심부 (deep pelvic cavity)에 생긴 자궁내막증, 질 격막, 질에 생긴 낭종 등의 진단에도 도움이 될 수 있다.

대한자기공명의과학회지 14:1-9(2010)

¹가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 영상의학과

접 수 : 2010년 5월 25일, 수 정 : 2010년 5월 28일, 채 택 : 2010년 5월 30일

통신저자 : 나성은, (137-701) 서울특별시 서초구 반포동 505번지 서울성모병원 영상의학과

Tel. (02) 2258-1430 Fax. (02) 599-6771 E-mail: serha@catholic.ac.kr

MR 코일

골반 MRI에는 위상배열 다중코일(phased array multicoils)이 주로 이용된다. 위상배열코일은 표준 동체코일(standard body coil)에 비하여 신호대잡음비가 높아서 해상도가 높은 영상을 얻을 수 있다. 위상배열 다중코일은 전방코일과 후방코일로 구성되며 각각 환자의 앞쪽과 뒤쪽에 위치시킨다. 그러나 위상배열 다중코일을 사용하는 경우 코일 바로 아래 피하지방의 신호강도가 심부에 비해 현저히 높아서 호흡으로 인한 복벽의 운동인공물을 만들어 영상을 훼손할 수 있다. 이러한

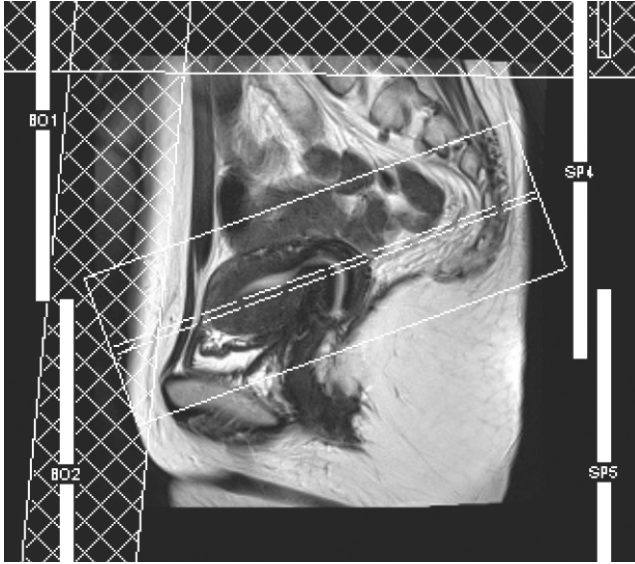


Fig. 1. 전포화대 (presaturation band). 위상배열 다중코일을 사용하는 경우 코일 바로 아래 복벽에서 나오는 신호를 줄이기 위하여 전방 및 상방에 전포화대를 위치시킨다.

이유로 위상배열 다중코일을 이용하여 영상을 얻을 경우 움직이는 복벽에서 나오는 신호를 줄이기 위하여 위치확인연쇄(localizer sequence) 후 시상면 정찰상(sagittal scout view)에서 피하지방을 포함하도록 전방 및 상방에 전포화대(anterior and upper presaturation bands)를 위치시켜야 한다(Fig. 1). 이 때 전방의 전포화대가 림프절이 있을 수 있는 서혜관(inguinal canal)을 포함하지 않도록 주의해야 한다(2). 뚱뚱한 환자나 복수가 많이 차서 배가 많이 나온 환자는 체부의 전후면이 서로 멀기 때문에 골반 위상배열코일보다 동체코일이 더 적당하다.

필요에 따라 질내 코일(endovaginal coil) 또는 직장내 코일(endorectal coil)을 이용하면 신호대잡음비가 국소적으로 증가하여 좋은 영상을 얻을 수 있다(3). 그러나, 환자가 불편해 하고 영상범위가 좁다는 단점 때문에 여성 골반 검사에서 내강코일을 이용하는 경우는 극히 제한적이다.

기본 펄스열 (Pulse Sequences)

골반 MR 영상의 기본적인 프로토콜은 T1과 T2 강조영상이다. 골반 장기 내 병변을 발견하고 특성화하기 위해서는 높은 신호대잡음비와 운동 인공물이 없는 영상을 얻는 것이 필요한데 일반적으로 운동 인공물이 없다는 가정하에서는 영상획득 시간이 길수록 신호대잡음비가 증가한다. 따라서 T1과 T2 강조 고속스핀에코(fast spin echo: FSE 또는 turbo spin echo: TSE) 기법에서 다중신호 평균(multiple signal average)을 이용한 5분 가량의 스캔에서 최적의 영상을 얻을 수 있으며 주파수부호화 방향(frequency encoding direction)의 행렬수를 512까지 높일 수 있다(2).

T1 강조영상은 세 개 정도의 짧은 에코열(echo train)과 10 ms 가량의 에코시간(echo time)의 고속스핀에코 기법을

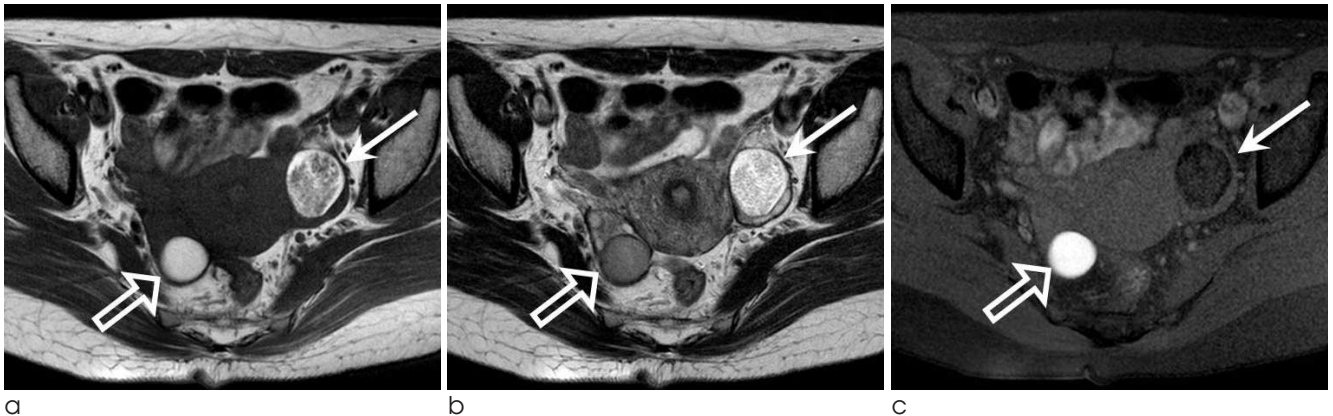


Fig. 2. 지방포화 T1 강조영상의 임상적 이용: 기형종과 자궁내막종의 감별
(a) T1 강조영상에서 양측 난소에 고신호강도의 종괴가 있다.
(b) T2 강조영상에서 좌측 난소 병변(화살표)은 고신호강도를 보이고, 우측 난소 병변(열린 화살표)은 약간 낮은 신호강도를 보인다.
(c) 지방포화 T1 강조영상에서 좌측 난소 병변은 신호강도가 억제되어 지방성분임을 확인하여 난소기형종(화살표)으로 확진할 수 있고, 우측난소 병변의 신호강도는 억제되지 않아서 자궁내막종(열린 화살표)으로 진단할 수 있다.

이용하여 양질의 영상과 해상도를 얻을 수 있다. 반복시간 (repetition time)을 400-600 ms으로 하면 중 T1 강조영상 (heavily T1-weighted image)이 된다. T1 강조영상에서 고 신호를 보이는 지방과 출혈을 구분하기 위하여 화학선택포화 (chemically selective saturation) 기법의 하나인 지방포화 (fat saturation) 기법이 이용된다. 이는 지방성분을 갖고 있는 기형종 (teratoma)과 자궁내막종 (endometrioma) 간의 감별에 필수적인 검사기법이다 (Fig. 2). 또한 경사예코를 이용하여 물성분과 지방신호간의 위상이 동일한 동위상 (in-phase) 영상과 180도 다른 반대위상 (opposed-phase) 영상을 얻어서 반대위상에서 지방 성분이 제거된 영상을 얻는 방법으로 화학선택포화 기법에 비해 소량의 지방의 존재를 알아 낼 수 있다.

짧은 영상획득시간이 필수적인 역동 조영증강 T1 강조영상의 경우 T1 고속경사회복에코 기법 (fast T1-weighted gradient-recalled echo (GRE))을 이용한다. 특히 3차원 T1 강조 펄스열인 VIBE (volumetric interpolated breath-hold examination), LAVA (liver acquisition with volume acceleration), 또는 THRIVE (T1 high resolution isotropic volume excitation) 등의 영상법은 일반적인 영상법에 비하여 약 25% 빠르게 영상을 얻을 수 있으며 약 25% 가량 공간분해능이 향상되고 그만큼 해부학적 적용범위를 넓히거나 더욱 얇은 절편을 얻을 수 있다는 장점이 있어서 역동적 조영증강 영상 또는 관류영상에 사용할 수 있다 (4).

고속스핀에코 펄스열을 이용한 T2 강조영상은 고식적 스핀에코에 비해 3-4배 정도 짧은 시간에 더 높은 신호대잡음비의 영상을 얻는다. HASTE (half-Fourier acquisition single-shot turbo spin echo)나 SSFSE (single-shot fast spin-echo)와 같은 단발 반푸리에 이완증강급속획득 (single shot

half-Fourier RARE)기법은 에코열 길이 (echo train length)를 크게 하여 한 번의 펄스열로 k-공간 데이터를 모두 얻는 방법으로 고속스핀에코에 비해 영상획득 시간이 훨씬 짧아서 태아영상에 주로 이용된다. 그러나 HASTE나 SSFSE는 고속스핀에코에 비해 조직간 T2 이완시간이 비슷하여 조직 대조도가 낮은 경향이 있다 (5, 6). 따라서 HASTE 기법으로 커다란 자궁근종이나 난소종양을 보는 데는 큰 문제가 없지만 작은 자궁내막암이나 자궁경부암 등을 평가할 때는 해상도가 떨어진 다 (Fig. 3). T2 강조영상에서는 일반적으로 지방신호 억제를 하지 않는데 그 이유는 지방억제를 하지 않아도 골반 장기들간에 경계가 잘 지워지기 때문이다. 2D 고속스핀에코 T2 강조영상 대신 최근 개발된 3D 고속스핀에코 (SPACE: sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip angle evolutions)를 이용하면 용적 데이터 (volumetric data)를 이용하여 여러 방면으로 영상재구성을 할 수 있다는 장점이 있다 (7).

조영제

현재 시판되고 있는 비특이성 세포외 MR 조영제에는 이온성 (ionic) 조영제인 Magnevist® (gadopentetate dimeglumine), Dotarem® (gadoterate meglumine)과 비이온성 (nonionic) 조영제인 Omniscan® (gadodiamide), Prohance® (gadoteridol), Gadovist® (gadobutrol), Optimark® (gadoversetamide) 등이 있다. 비특이성 세포외 MR 조영제는 CT에서 이용되는 아이오딘 제제의 조영제와 마찬가지로 혈관 주입 즉시 빠르게 세포외공간으로 빠져나가고 신장으로 배설된다 (8).

표준 사용되는 양은 0.1 mmol Gd/몸무게 kg이며 MR 혈관 조영술의 경우에는 0.2 mmol/몸무게 kg를 주입한다. 주입은 수동 혹은 자동 주입이 모두 가능하나 역동적 조영증강 검사 시

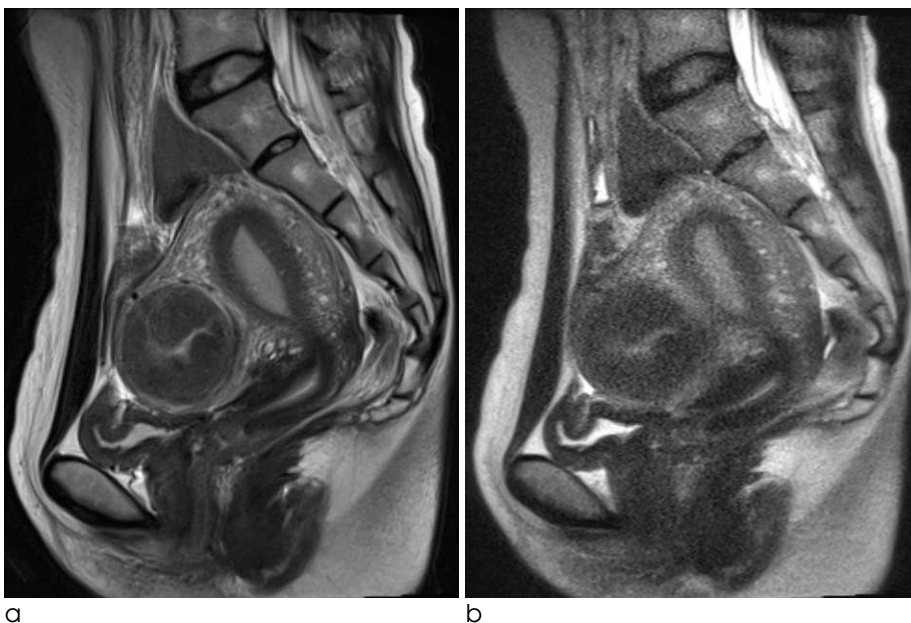


Fig. 3. 고속스핀에코 (a) 와 HASTE (b) 기법의 비교. 고속스핀에코에 비해 HASTE 기법은 영상획득 시간이 짧은 대신 조직대조도가 낮고 해상도가 떨어진다.

신유리 외

에는 자동 주입 (2-3 ml/sec)하는 것을 추천한다. 그리고 주입 후에는 20 ml의 생리식염수를 주입하여 주변부 정맥에 정체된 소량의 조영제를 중심정맥에 도달하도록 밀어 넣어야 한다 (saline flush).

최근 투석이 필요한 환자나 사구체 여과율 (glomerular filtration ratio) 범위가 30~60 ml/min의 중등도 신부전 환자 혹은 사구체 여과율이 30 ml/min 이하인 심한 신부전 환자에서 가돌리늄 조영제를 사용했을 때 신성 전신성 섬유화 (nephrogenic systemic fibrosis)의 발생과 연관성이 제시되고 있어 (9, 10) 향후 대규모의 전향적인 연구가 필요한 실정이다.

기본 영상면 (Imaging Planes)

여성골반 영상의 기본적인 프로토콜에는 시상면과 축상면 T2 강조영상과 축상면 T1 강조영상이 포함된다. 최적의 영상을 얻기 위해서는 검사의 적응증에 해당하는 표적 기관 (자궁 체부, 경부, 질, 난소부속기 등)에 대해 최소한 두 개의 수직되는 영상면을 얻어야 하고, 일반적으로 표적기관축에 평행한 시상면을 얻은 후 그에 수직인 축상면 또는 관상면을 얻는다.

시상면에서 보면 자궁의 위치는 질과 자궁경부에 대한 각도에 따라 차이가 나는데 version은 질의 축에 대한 자궁의 각도를 말하고 대개 90도를 이룬다. flexion은 자궁경부에 대한 자궁체부의 위치를 말하고, 전형적으로는 70-100도를 이루지만 방광 팽만 정도에 따라 차이가 날 수 있다 (Fig. 4).

자궁기형의 평가와 자궁내막암 침윤 정도를 평가할 때는 자궁내강의 긴 축에 대하여 사선 관상면 T2 강조영상이 도움이 되는데 시상면에서 자궁의 위치를 정확히 파악한 후 이에 따라 자궁내막에 대한 관상면 및 축상면을 얻어야 종양의 침습 깊이를 정확히 평가할 수 있다. 림프절의 평가를 위해서는 축상면

영상이 필요하고, 영상범위는 신장하부의 복부대동맥부터 골반강을 모두 포함하여야 한다. 영상절편두께는 대개 4-5 mm로 얻고, 필요한 경우 더 얇은 절편을 얻기도 한다.

각 질환 별 프로토콜

물리관 유도장기의 선천성 기형

MRI는 현재 선천성 자궁기형의 평가와 수술 계획에 있어 가장 중요한 영상검사법으로 알려져 있다. MRI는 자궁 내강과 바깥쪽 윤곽을 고해상도로 보여줄 뿐 아니라 신장 기형 등의 이차적 소견도 알 수 있다는 장점이 있다 (11). 선천성기형은 주로 소아환자에서 많고 장기가 위축된 경우가 자주 있으므로 영상절편두께는 가능한 5 mm 이하로 얇게 얻는 것이 좋다. 기본적인 영상면으로도 진단에 무리가 없으나, 자궁내강에 평행한 장축영상 (long uterine body axis view)을 얻어서 자궁기저부의 모양을 보는 것이 중격자궁 (septate uterus)와 쌍각자궁 (bicornuate uterus)의 감별에 중요하고, 자궁 경부에 수직이 되는 비스듬한 축상면 영상을 얻어서 자궁경부의 중격 (septum)이나 중복 (duplication)을 확인하는 것이 필요할 수 있다. 선천성 자궁기형에서 월경혈의 배출이 막혀 자궁내막증을 초래하는 경우가 많으므로 T1 강조영상 외에 지방억제 T1 강조영상을 추가로 시행하는 것이 필요하다. 또한 신장의 형성저하증이나 무발생을 동반하는 경우가 많으므로 상복부 영상도 포함해야 한다.

자궁경부암

자궁경부암의 정확한 병기 결정을 위해서 높은 신호대잡음비와 고해상도의 영상이 필요하며 T2 강조영상이 종양, 자궁경부와 자궁주위조직 (parametrium)의 구조를 잘 보여주기 때문에 필수적이다. 영상범위를 20×20 cm로 줄이면 해상도를 높

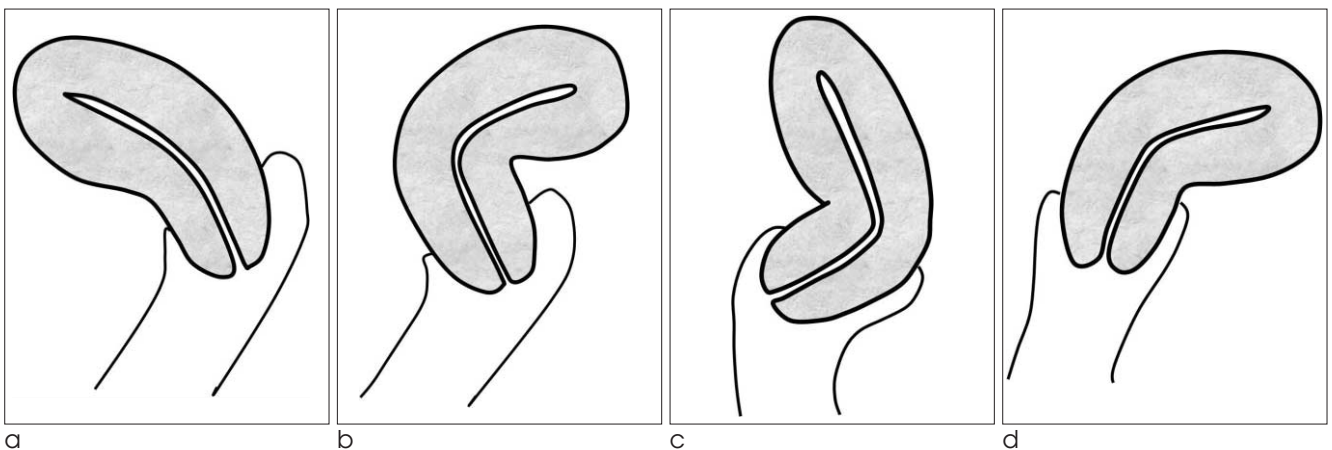


Fig. 4. 질과 자궁경부 축에 따른 자궁위치

- (a) Anteversion-anteflexion
- (b) Anteversion-retroflexion
- (c) R(etroversion-anteflexion
- (d) Retroversion-retroflexion

일 수 있다. T2 강조영상을 시상면에서 자궁, 질을 포함하여 골반저 (pelvic floor)까지 얻은 후 자궁경부에 수직이 되도록 각도를 주어 T2 강조 축상면 또는 관상면을 얻어야 저신호강도의 간질고리 (stromal ring)를 완벽히 볼 수 있으며 자궁경부와 자궁주위조직 (parametrium)간의 관계를 정확히 알 수 있다 (Fig. 5).

질 침윤이 의심되는 경우 질에 초음파젤을 채워 확장시키면 좀더 정확한 평가가 가능하지만 대개의 경우 임상검사에서 질침윤의 진단이 용이하기 때문에 MRI의 역할이 그다지 중요하지는 않다. 진행된 자궁경부암에서 골반저의 침윤이 의심될 때는 관상면 T2 강조영상을 얻으면 항문올림근 (levator ani muscle)의 평가가 용이하다. 림프절 전이를 평가하기 위하여 축상면의 T1 강조영상을 적어도 대동맥 갈림 (aortic bifurcation)부터 골반저까지, 양쪽 서혜부를 포함하여 시행해야 한다.

자궁경부암의 진단에 조영증강이 반드시 필요하지는 않다. 하지만 조영증강 검사가 자궁경부암의 인접 장기인 방광이나 직장 등의 침습을 평가하는데 도움이 되며 방사선 치료 후 누공 (fistula)을 진단하거나 종괴의 재발과 수술 후 변화를 감별할 때 도움이 된다.

자궁내막암

자궁내막암의 경우 위치확인 연쇄 후 시상면 고해상 T2 강조영상에서 자궁의 모양과 종괴의 위치를 파악하고 자궁내막에 직각을 이루는 단축 (short axis) 영상과 자궁내막에 평행한 장축 (long axis) 영상을 얻는다 (Fig. 6).

자궁경부암과는 달리 자궁내막암의 병기결정에는 조영증강 T1 강조영상이 도움이 된다 (12). 조영증강영상에서 종괴는 정상 자궁근층에 비해 조영증강이 덜 되어 저신호강도로 나타난다. 역동적 조영증강 T1 GRE 영상을 얻으면 조영 증강 초기에 정상 자궁근층의 안쪽층은 바깥층에 비하여 초기에 강한 조영증강을 보인다 (13). 그러므로 이러한 정상적인 초기의 자궁내막하 조영증강 (subendometrial enhancement)이 끊기거나 소

실되면 자궁내막암의 근육층 침범을 시사한다. 정상적으로 자궁내막은 자궁근층보다 늦게 조영증강되어 초기에는 상대적으로 저신호강도를 보이고 지연기에는 자궁근층과 비슷하거나 약간 높은 신호강도를 보인다.

양성자궁질환

HASTE, SSFSE 기법으로도 자궁근종의 진단에는 문제가 없으나 자궁내강과의 관계를 알기가 어려울 수 있으므로 자세한 검사를 위해서는 고해상 (512 matrix) T2 강조 고속스핀에코 기법으로 자궁의 시상면, 축상면, 관상면을 촬영한다. 조영증강은 자궁근종의 혈관 분포상태, 근종을 둘러싸는 거짓낭 (pseudocapsule), 장막하 자궁근종의 자궁 기원 등을 알아내는데 도움이 되지만 진단에 반드시 필요한 것은 아니다 (14).

난소종괴

기본적인 프로토콜 시행 후 T1 강조영상에서 병변이 고신호강도를 보이는 경우 지방억제 T1 강조영상을 추가하여 지방과 출혈을 구분해야 한다. 난소종양의 특성화를 위하여 조영증강은 필수이다. 유두상 돌기 (papillary projections), 고형종괴 내의 괴사, 두꺼워진 격막이나 벽 등 악성종괴에서 보일 수 있는 소견들은 조영증강 후에 잘 볼 수 있다 (15). 자궁내막종이나 점액암종 등과 같이 T1 강조영상에서 고신호강도를 보이는 경우 조영증강 되는 고형성분의 유무를 확인하기 위하여 지방억제 조영증강 후 T1 강조영상에서 조영증강 전 지방억제 T1 강조영상을 빼는 감산 기법 (subtraction technique)을 이용하면 진단에 도움이 된다 (16).

확산강조영상 (Diffusion-Weighted MR Imaging)

확산강조 자기공명영상이 이미 뇌질환의 진단에는 중요한 역할을 하고 있지만, 체부영상은 생리학적인 움직임을 없앨 수 없기 때문에 해상도가 낮고 강한 자장경사가 필요하며 주변의 자장변화에 민감한 에코평면영상 (echo planar imaging) 고유의 문제로 안정적인 좋은 영상을 기대하기 어려웠다. 그러나 최근 에

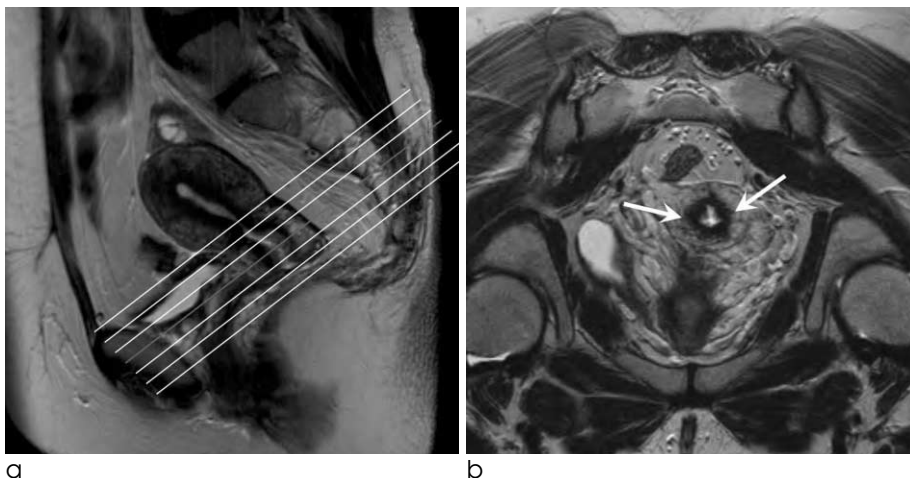


Fig. 5. 비스듬한 축상면. 자궁경부암의 정확한 병기 결정을 위해서 자궁경부에 수직이 되도록 각도를 주어 (a) 비스듬한 축상면의 T2 강조영상 (b)을 얻어야 저신호강도의 간질고리 (화살표)를 완벽히 볼 수 있으며 자궁경부와 자궁주위조직 간의 관계를 정확히 알 수 있다.

신유리 외

코평면영상에 병렬영상 (parallel imaging) 기법을 적용하면서 영상의 왜곡이 줄고 신호대잡음비가 증가하여 체부에서도 확산 강조 자기공명영상의 질이 향상되었다 (17).

확산강조영상의 원리는 물의 움직임을 감지하기 위해 180도 펄스 전후에 강도는 동일하지만 방향이 반대인 2개의 움직임 탐사 경사펄스 (motion probing gradient)를 순차적으로 주게 되면 첫번째는 탈위상펄스, 두번째는 180도로 바뀐 극성에 따라 반대방향으로 재위상펄스를 가한 셈이 된다. 따라서 영상을 얻기 위해 신호를 받아들일 때 물분자의 무작위적 움직임에 따라 위상 회복이 덜 된 만큼 신호를 잃게 되어 조직별 대조도를 얻는다. 이때 경사펄스의 강도를 b값 (b value)이라 하고 이는 확산강조영상의 신호강도에 영향을 미치는 주요 변수이다. 확산강조영상의 신호강도는 T2 강조영상의 신호강도에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에, T2 강조영상에서 고신호강도를 보이는 조직이 확산강조영상에서도 고신호강도로 나타날 수 있다 (T2 shine-through effect). 병원별로 차이는 있지만 여성 골반 부위의 확산강조영상에는 주로 $800 \sim 1000 \text{ s/mm}^2$ 의 비교적 높은 b값을 이용한다.

에코평면영상의 확산강조영상에서 고형 병변은 높은 신호강도를 보이고, 대부분의 정상 조직은 매우 낮은 신호강도를 보여

매우 높은 대조잡음비를 갖는 장점이 있다. 그러나 이러한 이유로 확산강조영상에서 이상 신호강도를 보이는 부위의 해부학적 위치를 알기가 어려울 수 있다. 최근 이런 문제점은 T2 강조영상과 확산강조영상을 융합하는 소프트웨어를 이용하여 해결할 수 있다. 사전에 T2 강조영상과 확산강조영상의 절편두께, 절편간격, 영상영역 등을 동일하게 하는 것이 필요하다 (18).

한편 기기에서 자동적으로 계산되는 겉보기 확산계수 (apparent diffusion coefficient, 이하 ADC)값은 ADC map으로 부르는 영상의 형태로 제공되는데 map 상에서는 고유의 확산강조영상과 달리 주변 조직과 비교하여 ADC값이 큰 조직은 높은 신호강도로, ADC값이 작은 고형 악성종양은 낮은 신호강도로 나타나게 된다. 고형종괴에서 ADC값은 세포내외의 물분자 간의 균형, 핵세포질비율 (nuclear-to-cytoplasm ratio), 세포밀도 (cellular density) 등의 세포형태적 변화 등에 의해 영향을 받는다.

고형 악성종양은 대개 세포밀도가 높아 물분자의 운동이 제한되므로 확산강조영상에서 고신호강도를 보인다. 그러므로 여성 골반 영역에서 확산강조영상의 역할은 악성종양과 전이병소의 발견 등으로 기대된다. 최근 연구에 의하면 자궁경부암과 자궁내막암의 경우 정상조직과 다른 신호강도 및 ADC값을 보여

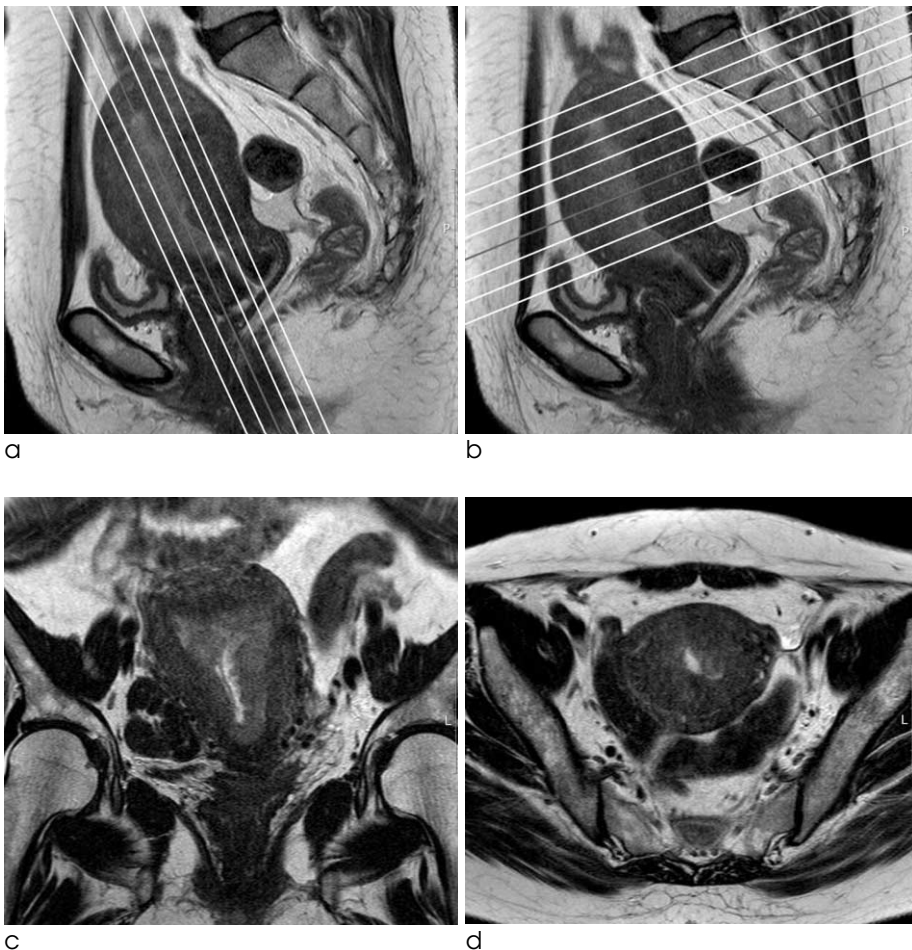


Fig. 6. 자궁내막암.
자궁내막암의 정확한 병기 결정을 위하여 시상면 T2강조영상(a, b)에서 자궁내막에 평행한 장축 (long axis) 영상(c)과 자궁내막에 직각을 이루는 단축 (short axis) 영상(d)을 얻는다.

감별진단에 도움이 될 뿐 아니라, 치료 후 반응 평가 및 치료에 따른 결과를 미리 예측하는데도 도움이 된다는 연구보고들이 있다 (19, 20). 자궁내막암의 경우 자궁근층의 침범 정도를 진단하는데 있어서도 확산강조영상이 T2 강조영상에 보조적으로 이용될 수 있다 (Fig. 7) (21). 난소암의 경우 원발종양 뿐만 아니라 복막과종에서도 고신호강도를 보여서 T2 강조영상에 비해 높은 민감도를 갖는 것으로 보고되고 있다 (22). 그러나, 원발성 난소 종괴의 양성 및 악성 감별에 있어서는 대부분의 양성 자궁내막종과 성숙기형종이 확산강조영상에서 고형 악성종양과 유사하게 고신호강도를 보여 그 역할이 제한적이고 종래의 MR 영상소견을 반드시 참조해야 한다 (23).

확산강조영상은 비교적 최근에 도입된 영상기법이기 때문에 아직까지 여성골반 영역에서 확산강조영상의 유용성에 대한 연구가 많지 않다. 따라서 앞으로 많은 수의 환자에서 장기간 추적검사를 통한 전향적인 연구가 필요하고, 확산강조영상에서 보이는 병적인 변화를 이해하려는 연구가 필요하다. 아직까지 확산강조영상은 표준화가 되어 있지 않은 실정이며 b값의 선택과 확산강조영상을 획득하는 기법도 기관별로 차이가 많고, 비슷한 질환에서도 서로 다른 기법으로 인해 보고된 ADC값이 큰 차이를 보이고 있다는 문제점도 해결해야 한다 (19). 그러나, 고식적 MRI와 함께 확산강조영상과 ADC값을 참조하면 작은 골반 종양을 더 찾을 수도 있고, 진단에 있어서 영상학과 의사의 자신감이 향상될 수 있다. 또한 확산강조영상은 비침습적이고 비용효과가 높으며 환자에게 불편함이 없으며 조영제 주입도 필요 없다는 장점이 있으므로 쉽게 MRI 프로토콜에 추가를 할 수 있어서 향후에는 여성골반질환의 진단과 추적검사에 확산강조영상이 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

3T MRI의 적용

최근 3T MRI의 임상적 적용이 크게 증가하고 있는 추세이다. 여성골반영상에서 3T MRI는 1.5T에 비해 신호대잡음비가 증가함으로써 시간해상도 (temporal resolution)와 공간해상도 (spatial resolution)가 향상하게 된다. 그러나, 자장세기가 증가함에 따라 1) 고주파 에너지 축적에 따른 발열 증가, 2) 자화효과 (susceptibility effect) 증가, 3) 고주파자장 (B1) 불균일, 4) T1, T2 이완시간의 차이 등의 변화가 생기게 되므로 영상의 질을 최적화하기 위해서는 연쇄 지표의 조정이 필요하다. 그러나, 1.5T에서 이용하던 기본 펄스열을 3T에서도 그대로 사용하면서 약간의 연쇄 지표의 조정만 거치면 양질의 영상을 얻을 수 있다 (24, 25). 유전 인공물 (dielectric artifact)을 보정하기 위해서 환자와 코일 사이에 특별히 고안된 패드 (radiofrequency cushion 또는 dielectric pad)를 사용한다. 태아영상은 안전성 문제와 함께 양수 때문에 생길 수 있는 심한 B1 불균일화에 의한 정상파효과 (standing wave effects)의 이유로 3T에서의 검사를 권하지 않고 있다 (26). 그러나, 1.5T MRI에 비해 3T MRI에서 환자의 처치에 있어서 얼마나 실익이 있을지에 대한 의문은 아직 남아있으며 향후 연구가 진행되어야 하겠다.

결론

MRI는 부인과 질환 영역에서 진단과 환자의 처치에 있어 최선의 영상검사로서의 역할을 하고 있다. 여성 골반 MRI의 적용 증은 선천성 기형의 정확한 진단 및 치료방침 결정, 악성자궁종양의 병기 결정, 양성자궁종양의 진단, 난소 종괴의 양성 및 악성 감별진단과 병기 결정 등이다. 가장 기본적인 프로토콜은 시상면과 축상면 T2 강조영상과 축상면 T1 강조영상이고 각각의

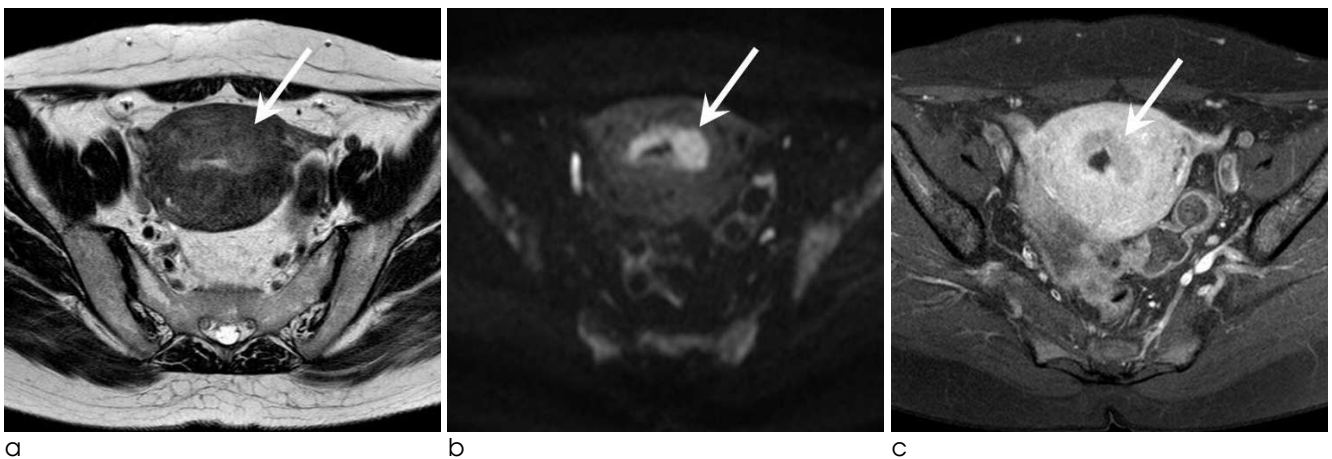


Fig. 7. 자궁내막암에서 확산강조영상의 이용

(a) T2 강조영상에서 자궁내막암 (화살표)은 자궁근층에 비해 약간 높은 신호강도를 보인다. (b) 확산강조영상 (b = 1000)에서 자궁내막암 (화살표)은 고신호강도를 보이고, 대부분의 정상 조직은 낮은 신호강도를 보여 매우 높은 대조잡음비를 보이며, 자궁근층의 반 이하로 침범한 것을 알 수 있다. (c) 조영증강 지방억제 T1 강조영상에서 종괴 (화살표)는 정상 자궁근층에 비해 상대적으로 저신호강도를 보인다.

적응증에 따라 기본적인 MR 프로토콜을 약간씩 변형시키고 적절한 공간 해상도를 갖추면 최적의 영상을 얻을 수 있다. 또한 최근에 활발히 연구가 진행되고 있는 확산강조영상이 향후에는 부인과 질환의 진단과 추적검사에 중요한 역할을 할 것으로 기대되고, 3T MRI는 1.5T MRI에서 사용하던 기본 펄스열을 그대로 이용하되 약간의 연쇄 지표의 조정을 거치면 높은 공간해상도의 영상을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

1. Brown MA, Mattrey RF, Stamato S, Sirlin CB. MRI of the female pelvis using vaginal gel. *AJR Am J Roentgenol* 2005;185:1221-1227
2. Taupitz M, Rogalla P. MR and CT techniques. In Hamm B, Forstner R, eds. *MRI and CT of the female pelvis*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007:25-36
3. Baudouin CJ, Soutter WP, Gilderdale DJ, et al. Magnetic resonance imaging of the uterine cervix using an intravaginal coil. *Magn Reson Med* 1992;24:196-203
4. Rofsky NM, Lee VS, Laub G, et al. Abdominal MR imaging with a volumetric interpolated breath-hold examination. *Radiology* 1999;212:876-884
5. Ascher SM, O'Malley J, Semelka RC, Patt RH, Rajan S, Thomasson D. T2-weighted MRI of the uterus: fast spin echo vs breath-hold fast spin echo. *J Magn Reson Imaging* 1999; 9:384-390
6. Masui T, Katayama M, Kobayashi S, Sakahara H, Ito T, Nozaki A. T2-weighted MRI of the female pelvis: comparison of breath-hold fast-recovery fast spin-echo and nonbreath-hold fast spin-echo sequences. *J Magn Reson Imaging* 2001;13:930-937
7. Lichy MP, Wietek BM, Mugler JP 3rd, et al. Magnetic resonance imaging of the body trunk using a single-slab, 3-dimensional, T2-weighted turbo-spin-echo sequence with high sampling efficiency (SPACE) for high spatial resolution imaging: initial clinical experiences. *Invest Radiol* 2005;40:754-760
8. Bellin MF. MR contrast agents, the old and the new. *Eur J Radiol* 2006;60:314-323
9. Prince MR, Zhang HL, Prowda JC, Grossman ME, Silvers DN. Nephrogenic systemic fibrosis and its impact on abdominal imaging. *Radiographics* 2009;29:1565-1574
10. Perez-Rodriguez J, Lai S, Ehst BD, Fine DM, Bluemke DA. Nephrogenic systemic fibrosis: incidence, associations, and effect of risk factor assessment--report of 33 cases. *Radiology* 2009; 250:371-377
11. Troiano RN, McCarthy SM. Müllerian duct anomalies: imaging and clinical issues. *Radiology* 2004;233:19-34
12. Kinkel K, Kaji Y, Yu KK, et al. Radiologic staging in patients with endometrial cancer: a meta-analysis. *Radiology* 1999;212:711-718
13. Yamashita Y, Harada M, Sawada T, Takahashi M, Miyazaki K, Okamura H. Normal uterus and FIGO stage I endometrial carcinoma: dynamic gadolinium-enhanced MR imaging. *Radiology* 1993;186:495-501
14. Hricak H, Finck S, Honda G, Goranson H. MR imaging in the evaluation of benign uterine masses: value of gadopentetate dimeglumine-enhanced T1-weighted images. *AJR Am J Roentgenol* 1992;158:1043-1050
15. Hricak H, Chen M, Coakley FV, et al. Complex adnexal masses: detection and characterization with MRI--multivariate analysis. *Radiology* 2000; 214:39-46
16. Wu TT, Coakley FV, Qayyum A, et al. Magnetic resonance imaging of ovarian cancer arising in endometriomas. *J Comput Assist Tomogr* 2004;28:836-838
17. Kurihara Y, Yakushiji YK, Tani I, Nakajima Y, Van Cauteren M. Coil sensitivity encoding in MR imaging: advantages and disadvantages in clinical practice. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178:1087-1091
18. Koyama T, Umeoka S, Kataoka M, et al. Utility of diffusion-weighted MR imaging in evaluation of esophageal cancers. In: *Proceedings of the 13th Annual Meeting of ISMRM*, Miami Beach, FL, USA, 2005, p.2820
19. Namimoto T, Awai K, Nakaura T, Yanaga Y, Hirai T, Yamashita Y. Role of diffusion-weighted imaging in the diagnosis of gynecological disease. *Eur Radiol* 2009;19:745-760
20. Whittaker CS, Coady A, Culver L, Rustin G, Padwick M, Padhani AR. Diffusion-weighted MR imaging of female pelvis tumors: a pictorial review. *Radiographics* 2009;29:75-778
21. Rechichi G, Galimberti S, Signorelli M, Perego P, Valsecchi MG, Sironi S. Myometrial invasion in endometrial cancer: diagnostic performance of diffusion-weighted MR imaging at 1.5-T. *Eur Radiol* 2010;20:754-762
22. Fujii S, Matsuse E, Kanasaki Y, et al. Detection of peritoneal dissemination in gynecological malignancy: evaluation by diffusion-weighted MR imaging. *Eur Radiol* 2008;18:18-23
23. Thomassin-Naggara I, Darai E, Cuenod CA, et al. Contribution of diffusion-weighted MR imaging for predicting benignity of complex adnexal masses. *Eur Radiol* 2009;19:1544-1552
24. Lim RP, Lee VS, Bennett GL, et al. Imaging of the female pelvis at 3.0T. *Top Magn Reson Imaging* 2006;17:427-443
25. Cornfeld D, Weinreb J. Simple changes to 1.5-T MRI abdomen and pelvis protocols to optimize results at 3T. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:140-150
26. Brown MA, Martin DR, Semelka RC. Future directions in MR imaging of the female pelvis. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2006;14:431-437

MRI Protocol of Female Pelvis

Yu Ri Shin, Sung Eun Rha

¹Department of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital, School of Medicine, The Catholic University of Korea

Although ultrasonography is the most commonly used first-line imaging modality of the female pelvis because of diagnostic accuracy, low cost and safety, MRI is the best imaging modality of choice for the evaluation of the female pelvis. The indication of female pelvis MRI is diverse and includes the evaluation of Müllerian duct anomaly, differential diagnosis and characterization of uterine and ovarian tumors, and staging of malignant uterine and ovarian tumors. Understanding of MR protocols according to the specific gynecologic pathology allows accurate diagnosis and proper patient management.

Index words : Protocol

Uterus

Ovary

Magnetic resonance imaging (MRI)

Address reprint requests to : Sung Eun Rha, M.D., Department of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital, School of Medicine, The Catholic University of Korea, 505, Banpo-dong, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea.
Tel. 82-2-2258-1430 Fax. 82-2-599-6771 E-mail: serha@catholic.ac.kr