

한국사람 온몸의 수평, 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상

김진용, 정민석, 이용숙, 박진서, 조재현¹, 최우영²

아주대학교 의과대학 해부학교실, ¹진단방사선과학교실,

²명지대학교 공과대학 전자정보통신학부

간추림 : 자기공명영상에서 병리구조를 알기 위해서는 먼저 자기공명영상에서 해부구조가 어떻게 보이는지 익혀야 한다. 자기공명영상을 익히기 위해서 첫째, 한국사람의 자기공명영상을 만들 필요가 있다. 둘째, 온몸의 자기공명영상을 만들 필요가 있다. 셋째, 수평, 관상, 시상 자기공명영상을 만들 필요가 있다. 넷째, 자기공명영상에 들어맞는 구역화영상을 만들 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 온몸의 수평, 관상, 시상 자기공명영상과 자기공명영상에서 보이는 해부구조를 쉽게 구별할 수 있는 수평, 관상, 시상 구역화영상을 다음처럼 만들었다.

표준 체형을 갖고 있고 건강한 한국 남성(19세, 키 176 cm, 몸무게 67 kg)을 대상으로 뽑았다. 온몸의 자기공명영상 613개를 찍은(절편두께 3 mm, 절편사이간격 0 mm, 표시범위 480 mm×480 mm, 빛깔 8 bit gray, 해상도 512×512, T1 강조, NEX 2, interleave 방법) 다음에 개인용컴퓨터로 옮겨서 저장하였다. 해부구조 59개의 태두리를 수동으로 그려서 구역화영상(빛깔 8 bit color)을 만들었다. 모든 자기공명영상과 구역화영상의 행과 열을 짝아서 관상(274쌍, 해상도 512×1,839), 시상(512쌍, 해상도 274×1,839) 자기공명영상과 구역화영상을 만들었다.

이 연구에서 한국사람의 온몸을 대상으로 만든 수평, 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상은 자기공명영상을 익히는 데 도움이 될 것이다. 이 교육자료를 CD title과 인터넷으로 널리 퍼뜨릴 계획이다.

찾아보기 낱말 : 온몸, 수평, 관상, 시상, 자기공명영상, 구역화영상

서 론

의과대학 학생과 의사가 자기공명영상에서 병리구조가 어떻게 보이는지 알기 위해서는 먼저 자기공명영상에서 해부구조가 어떻게 보이는지 익혀야 한다. 이를 위해서 이제까지 교육자료로 쓴 자기공명영상은 다음과 같은 문제가 있다. 첫째, 외국사람의 자기공명영상으로는 한국사람의 자기공명영상을 익히기 어렵다(Van De Graaff 1998). 둘째, 수평 자기공명영상으로는 관상, 시상 자기공명영상을 익히기 어렵다(정민석 등 2000). 셋째, 구역화하지 않은 자기공명영상으로는 해부구조를 익히기 어렵다(정민석 등 2000, Chung과 Kim 2000). 넷째, 개인용 컴퓨터로 옮기지 않거나 비싸게 파는 자기공명영상은 쉽게 볼 수 없다. 한국사람의 머리, 목을 대상

교신저자: 정민석(아주대학교 의과대학 해부학교실)

으로 수평, 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상을 만들었는데, 이처럼 한 부위를 대상으로 만든 자기공명영상은 충분하지 않다(정민석 등 2000). 따라서 이 연구에서는 실제로 온몸의 자기공명영상을 익히는 데 도움이 되는 교육자료를 만들어서 퍼뜨리기로 하였다. 이를 위해서 한국사람의 온몸을 대상으로 수평, 관상, 시상 자기공명영상을 만들었고, 이 자기공명영상에 들어맞는 구역화영상을 만들었다.

재료 및 방법

1. 대상자 뽑기

표준 체형을 갖고 있고 건강한 한국 남성(19세)을 대상으로 뽑았다. 대상자의 온몸을 체질인류학

에서 쓰는 방법 (Martin 방법, 계측항목 121개)대로 생체계측하였다. 키 (176 cm)와 몸무게 (67 kg)뿐 아니라 온몸의 생체계측 값도 한국 남성 (19세)의 표준 체형 (평균±표준편차×5%)에 속하는지 확인하였다 (김철중 등 1992). 문진과 신체검사를 해서 특별한 질병이 없는지 확인하였다. 역시 문진과 신체검사를 해서 자기공명영상을 마련하는데 문제가 되는 심장박동이상, 호흡이상, 폐쇄공포, 금속의치가 없는지 확인하였다. 자기공명영상을 찍기 12시간 전부터 굶겨서 자기공명영상을 찍을 때 위창자가 많이 움직이지 않게 하였다.

2. 자기공명영상 찍기

대상자의 배에 호흡운동 감지기를 두르고 가슴에 심장전도검사 전도자를 붙여서 허파와 심장의 움직임을 감지하게 하였다 (Fig. 1).

대상자를 자기공명영상 촬영기 (GE Signa Horizon 1.5 Tesla MRI System, Milwaukee, WI)의 침대에 나란히 눕힌 다음에 양쪽 손바닥을 몸의 옆에 붙여서 차려자세로 만들었다.

수평 방향의 자기공명영상을 찍도록 대상자의 방향을 조절하였다. 대상자의 피부에 펜으로 점들을 찍되, 이 점들이 같은 수평면, 시상면에 놓이게 하였다. 대상자의 방향과 자기공명영상 촬영기의 침대 높이를 조절해서 피부에 찍은 점들이 자기공명영상 촬영기에서 비추는 수평, 시상 방향의 레이저 빛에 들어맞게 하였다. 대상자의 뒤통수에 베개

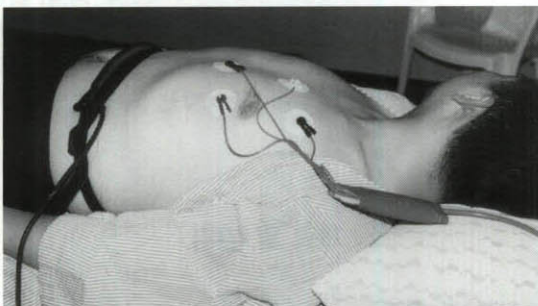


Fig. 1. Respiratory excursion sensor and electrocardiography sensor attached to the volunteer.

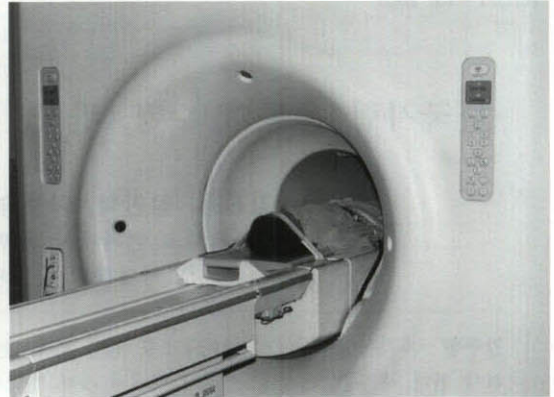


Fig. 2. MR scanning of the volunteer.

를 받쳐서 목이 뒤로 퍼지지 않게 하였다. 대상자에게 움직이지 말라고 한 다음에 자기공명영상 촬영기의 침대에 있는 때로 대상자의 머리, 몸통, 팔, 다리를 단단히 묶어서 대상자의 방향이 바뀌지 않게 하였고, 대상자의 근육이 움직이지 않게 하였다 (Fig. 2). 자기공명영상 몇 개를 찍은 다음에 자기공명영상에서 여러 해부구조가 좌우 대칭인지 확인하였다. 또한 시상 자기공명영상에서 뇌, 척수 등이 올바른 시상 방향인지 확인하였다.

온몸의 자기공명영상을 찍는 조건을 한결같이 결정하였다. Body coil을 썼다. 표시범위를 480 mm×480 mm로 하였고, 해상도를 512×512로 하였다. TR (repetition time)을 800 msec로 하고, TE (echo time)를 8 msec로 해서 T1을 강조하였다. NEX (number of excitation)를 2번으로 하였다. 흡수 번호의 자기공명영상을 찍은 다음에 짝수 번호의 자기공명영상을 찍는 interleave 방법을 썼다.

몸통의 자기공명영상을 찍을 때 허파와 심장의 움직임에 따른 영향을 없었다. 호흡운동 감지기로 허파의 움직임을 감지해서 숨을 내쉬 상태에서만 자기공명영상을 찍게 하였다. 심장전도검사 전도자로 심장의 움직임을 감지해서 심실이 이완한 상태에서만 자기공명영상을 찍게 하였다 (Fig. 1).

절편두께를 3 mm로 하고 절편사이간격을 없애서 온몸의 자기공명영상을 찍었다. 자기공명영상을

찍을 때 대상자 곁에 있는 금속을 모두 치웠다. 절편두께를 3mm로 하고 절편사이간격을 없애서 자기공명영상의 간격이 3mm가 되게 하였다. 먼저 머리끝에서 무릎까지의 자기공명영상 430개를 찍었다(Fig. 2). 대상자를 머리쪽으로 당겨서 눕힌 다음에 대상자의 방향과 자기공명영상 촬영기의 침대 높이를 다시 조절해서 피부에 찍은 점들이 자기공명영상 촬영기의 레이저 빛에 들어맞게 하였다. 무릎의 자기공명영상을 다시 찍어서 먼저 찍은 것과 들어맞는지 확인하였다. 무릎에서 발끝까지의 자기공명영상 209개를 찍었다. 모든 자기공명영상을 자기공명영상 촬영기의 워크스테이션에 DICOM

(digital imaging and communication in medicine) 파일로 저장하였다. 자기공명영상을 살펴서 특별한 질병이 없는지 마지막으로 확인하였다.

자기공명영상을 개인용컴퓨터로 옮겼다. PACS (picture archiving and communication system)를 통해서 워크스테이션에 저장한 자기공명영상을 개인용컴퓨터로 옮겼다. Piview 소프트웨어 (Mediface™)에서 DICOM 파일을 TIFF (tagged image file format) 파일(빛깔 8 bit gray)로 바꾸어서 저장하였다.

온몸의 자기공명영상 613개를 모으고 정렬하였다. ACDSee 소프트웨어 (version 4.0, ACD Systems™)에서 머리끝에서 무릎까지의 자기공명영상 430개

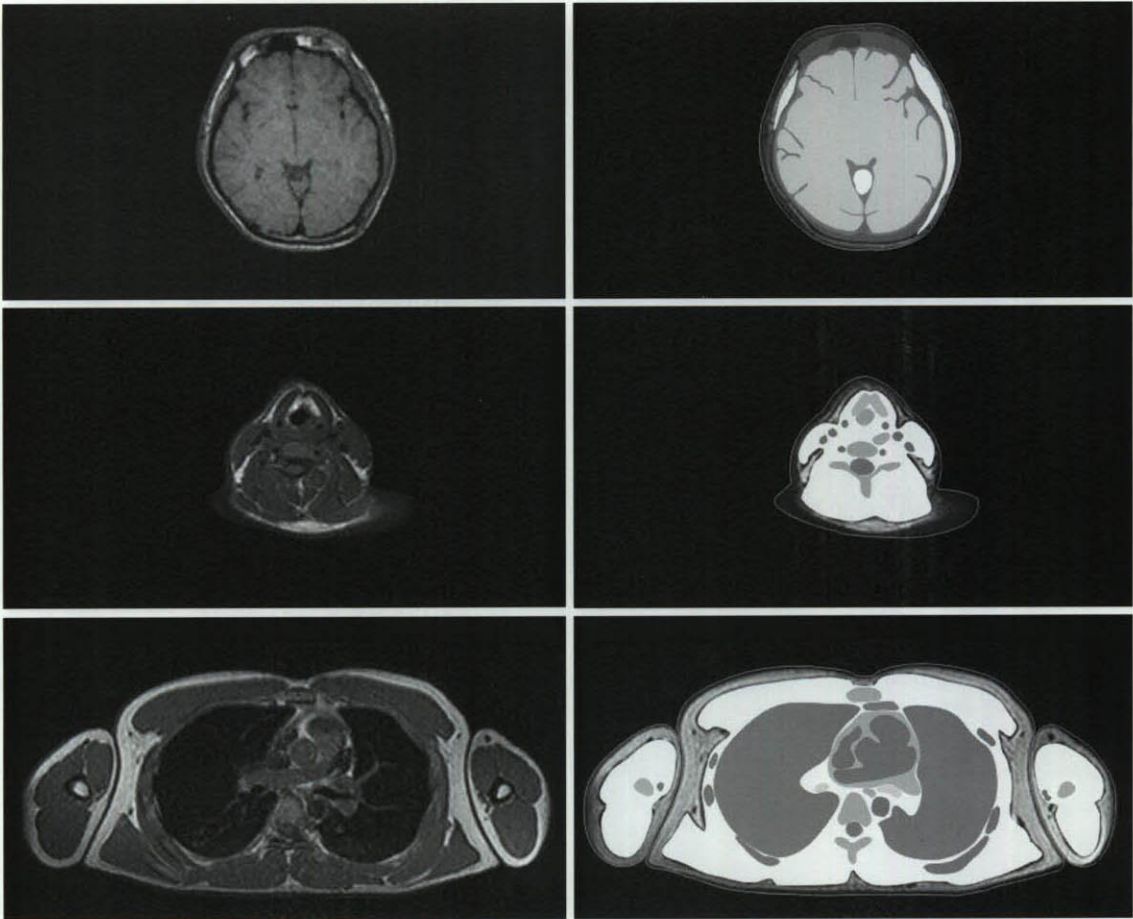


Fig. 3. MRIs (left column) and segmented images (right column) of the head (top), neck (middle), and thorax (bottom).

와 무릎에서 발끝까지의 자기공명영상 209개를 이어서 보았다. 무릎에서 곁친 자기공명영상 26개를 뺀 다음에 온몸의 자기공명영상 613개를 모았다. 자기공명영상의 파일 이름을 머리끝에서 발끝까지 일련 번호를 써서 만들었다 (hm001.tif, hm002.tif, ..., hm613.tif). Photoshop 소프트웨어 (version 7.0, AdobeTM)에서 무릎에서 발끝까지의 자기공명영상을 옮기고 돌려서 머리끝에서 무릎까지의 자기공명영상에 정렬하였다. 자기공명영상에서 대상자의 앞, 뒤에 있는 여백을 잘라내어서 해상도를 512 × 274로 줄였다 (Figs. 3, 4, Table 1).

3. 관상, 시상 자기공명영상 만들기

관상, 시상 자기공명영상을 만들었다. 자기공명영상 hm001.tif를 2번 복사해서 임시 자기공명영상 3개 (thm0001.tif, thm0002.tif, thm0003.tif)를 만들었고, hm002.tif를 2번 복사해서 임시 자기공명영상 3개 (thm0004.tif, thm0005.tif, thm0006.tif)를 만들었다. 마찬가지로 방법으로 각각의 자기공명영상 613개를 2번씩 복사해서 임시 자기공명영상 1,839개 (thm0001.tif, thm0002.tif, ..., thm1839.tif)를 만들었다. 그 결과로 자기공명영상의 간격 (3 mm)이 자기공명영상의 화소크기 (1 mm 즈음)와 비슷하였다.

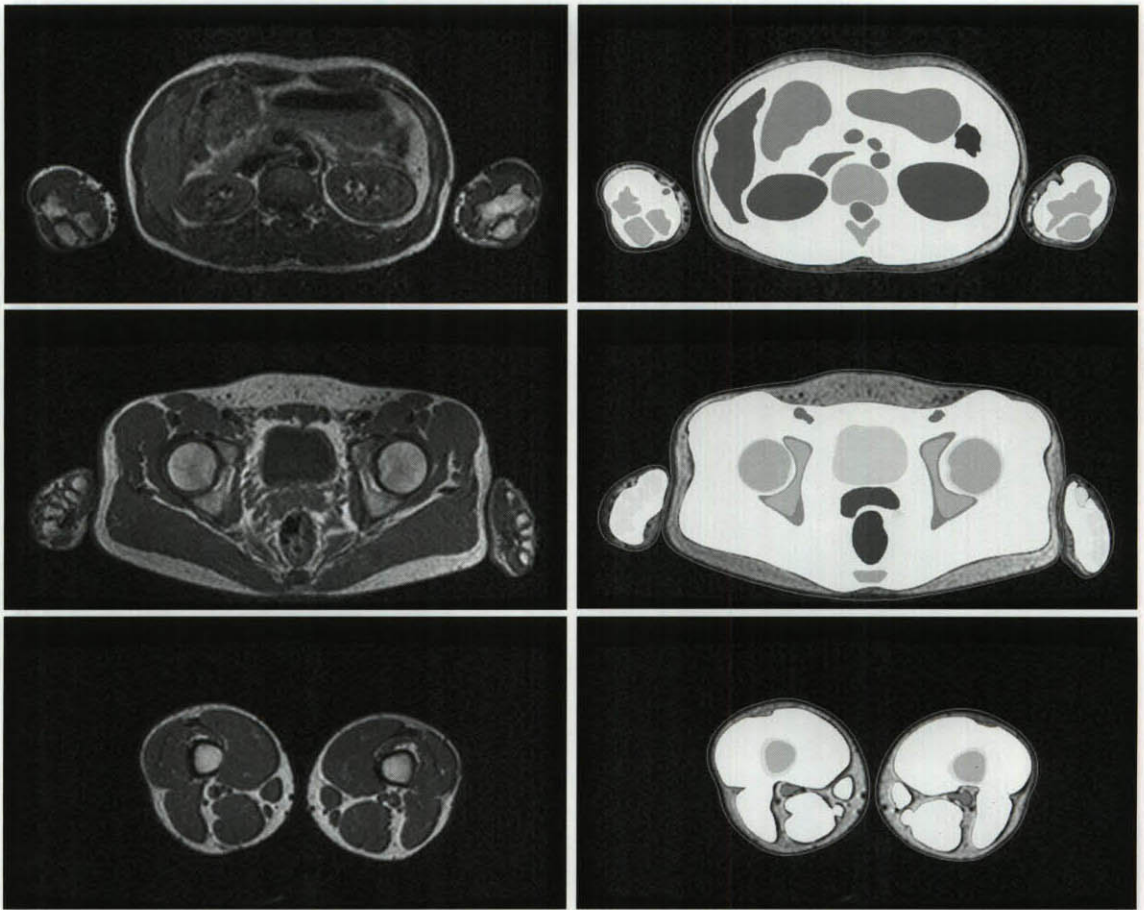


Fig. 4. MRIs (left column) and segmented images (right column) of the abdomen (top), pelvis (middle), and thigh (bottom).

Table 1. Features of horizontal, coronal, sagittal MRIs and segmented images

Dataset of images (File name)	Intervals	Resolution	Bit depth	One file size	Total file size
Horizontal MRIs (hm001.tif-hm613.tif)	3 mm	512×274	8 bit gray	145 Kbytes	87 Mbytes
Horizontal segmented images (hs001.tif-hs613.tif)	3 mm	512×274	8 bit color	412 Kbytes	249 Mbytes
Coronal MRIs (cm001.tif-cm274.tif)	1 mm	512×1,839	8 bit gray	928 Kbytes	249 Mbytes
Coronal segmented images (cs001.tif-cs274.tif)	1 mm	512×1,839	8 bit color	2,759 Kbytes	738 Mbytes
Sagittal MRIs (sm001.tif-sm512.tif)	1 mm	274×1,839	8 bit gray	499 Kbytes	249 Mbytes
Sagittal segmented images (ss001.tif-ss512.tif)	1 mm	274×1,839	8 bit color	1,477 Kbytes	738 Mbytes
Total					2,310 Mbytes

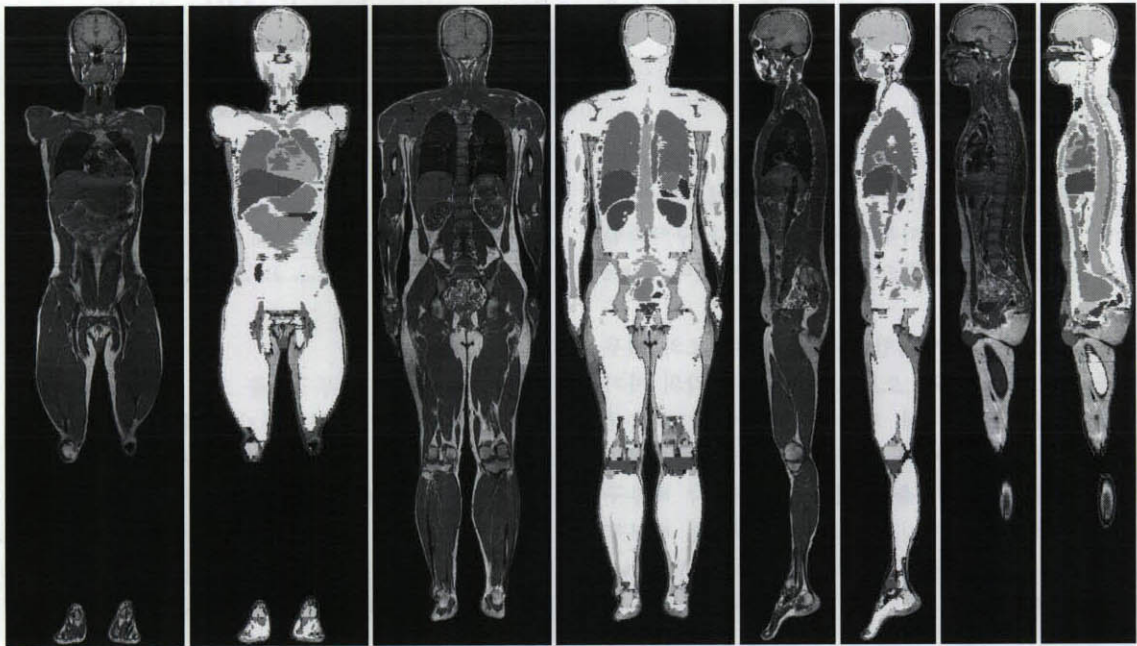


Fig. 5. Coronal MRIs and segmented images (left four) and sagittal MRIs and segmented images (right four).

Photoshop 소프트웨어에서 모든 임시 자기공명영상의 어느 한 행의 영상(해상도 512×1) 1,839개를 추린 다음에 쌓아서 관상 자기공명영상(해상도 512×1,839)을 만들었다. 모든 임시 자기공명영상의

다른 한 행의 영상 1,839개를 추린 다음에 쌓아서 다른 관상 자기공명영상을 만들었고, 이것을 되풀이 해서 관상 자기공명영상 274개 (cm001.tif, cm002.tif, ..., cm274.tif)를 만들었다. 마찬가지로 방법으로 모든

임시 자기공명영상의 어느 한 열의 영상(해상도 1 × 274) 1,839개를 추린 다음에 쌓아서 시상 자기공명영상(해상도 274 × 1,839)을 만들었고, 이것을 되풀이해서 시상 자기공명영상 512개 (sm001.tif, sm002.tif, ..., sm512.tif)를 만들었다 (Fig. 5, Table 1) (김소애 2000).

관상, 시상 자기공명영상을 살펴서 자기공명영상의 정렬이 맞는지 확인하였다. ACDSSee 소프트웨어에서 적당한 관상, 시상 자기공명영상을 살펴서 머리끝에서 무릎까지의 자기공명영상 중 가장 아래 것 (hm430.tif)과 무릎에서 발끝까지의 자기공명영상 중 가장 위 것 (hm431) 사이의 정렬이 맞는지 확인하였다. 정렬이 틀렸으면 Photoshop 소프트웨어에서 무릎부터 발끝까지의 자기공명영상을 옮기고 돌려서 정렬한 다음에 관상, 시상 자기공명영상을 새로 만들어서 살폈다 (Fig. 5).

4. 구역화영상 만들기

자기공명영상에서 구역화할 해부구조 59개를 골랐다. 대체로 크고 경계가 뚜렷해서 구역화하기 적당한 해부구조 59개 (피부 포함)를 골랐다. 구역화할 해부구조를 11개 계통으로 나눌 수 있었다 (Table 2).

자기공명영상을 인쇄한 종이에 해부구조의 테두리를 그렸다. ACDSSee 소프트웨어에서 각각의 자기공명영상을 A4 종이에 가득 차게 확대한 다음에 A4 종이에 인쇄하였다. 해부학자와 진단방사선과의사가 자기공명영상을 인쇄한 종이에 각 해부구조의 테두리를 색연필로 그렸으며, 이 때 해부학 그림책을 참고하였다 (Fig. 6) (Spitzer와 Whitlock 1998). 종이를 넘겨 보면서 각 해부구조의 테두리를 올바르게 그렸는지 확인하였고, 틀리게 그린 것을 고쳤다.

자기공명영상에 해부구조의 테두리를 그렸다. 자기공명영상의 TIFF 파일 613개를 CoreIDRAW 소프트웨어 (version 8.0, Corel Corporation™)로 옮긴 다음에 CDR 파일 (001.cdr, 002.cdr, ..., 613.cdr)로 저장하였다. 자기공명영상 위에 해부구조의 테두리를 수동으로 그렸으며, 이 때 종이에 그린 것을 참

Table 2. Fifty nine segmented anatomical structures in MRIs according to the systems

Systems	Anatomical structures
Skeletal system	Skull (except mandible), Mandible, Rib, Sternum*, Vertebra, Clavicle*, Scapula*, Humerus*, Radius*, Ulna*, Carpal bone, Metacarpal bone, Phalanx of hand, Hip bone*, Femur*, Patella, Tibia*, Fibula*, Tarsal bone, Metatarsal bone, Phalanx of foot
Muscular system	Muscle
Digestive system	Oral cavity, Palate, Parotid gland, Submandibular gland, Esophagus, Stomach, Small intestine, Large intestine, Liver, Gall Bladder, Pancreas
Respiratory system	Nasal cavity, Nasopharynx, Oropharynx, Larynx, Thyroid cartilage, Trachea and bronchus, Lung
Urinary system	Kidney, Ureter, Urinary bladder
Genital system	Testis, Prostate gland
Endocrine system	Thyroid gland
Cardiovascular system	Heart, Blood vessel
Lymphatic system	Thymus, Spleen
Nervous system	Cerebrum, Cerebellum, Brain stem, Spinal cord, Cerebrospinal meninx, Optic nerve
Sensory system	Eye ball, Skin

* Spongy bones of these bones are also segmented.

고하였다. 이웃한 해부구조를 크게 다른 빛깔로 그려서 각 해부구조를 구별하기 쉽게 하였다 (Fig. 6).

해부구조의 테두리 속을 채워서 구역화영상을 만들었다. CoreIDRAW 소프트웨어에서 피부를 뺀 나머지 해부구조의 속을 채웠다. 해부구조의 속을 채울 때에는 해부구조의 테두리를 그릴 때 쓴 빛깔을 그대로 썼다. 속을 채운 해부구조의 바깥을 자기공명영상으로 남겨 놓았다. 구역화영상을 TIFF 파일 (해상도 512 × 274, 빛깔 8 bit color) (hs001.tif, hs002.tif, ..., hs613.tif)로 바꾸어서 저장하였다 (Figs. 3, 4, 6, Table 1).

관상, 시상 자기공명영상을 만드는 방법대로 관상 구역화영상 274개 (cs001.tif, cs002.tif, ..., cs274.tif)와 시상 구역화영상 512개 (ss001.tif, ss002.tif, ..., ss512.tif)를 만들었다 (Fig. 5, Table 1).

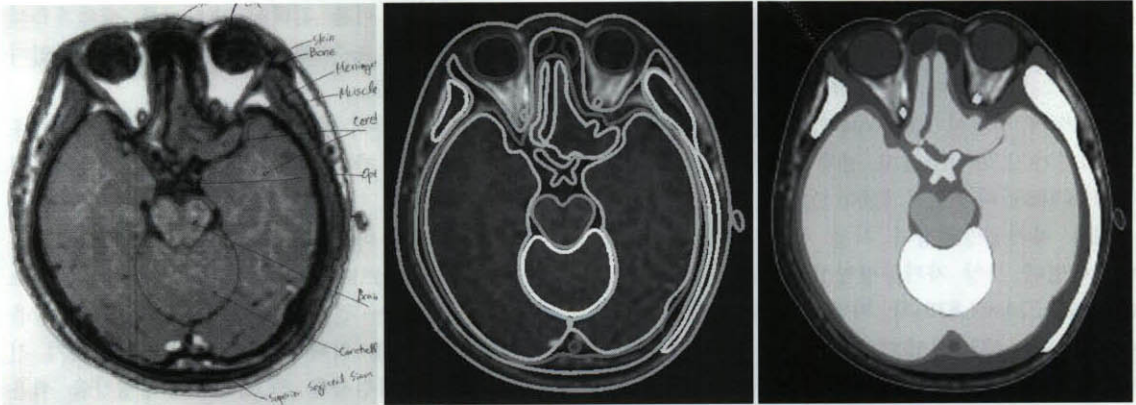


Fig. 6. MRI paper (left) and MRI (center) on which outlines of the anatomical structures are drawn, and segmented image (right).

관상, 시상 구역화영상을 살펴서 구역화영상이 맞는지 확인하였다. ACDSec 소프트웨어에서 적당한 관상, 시상 구역화영상을 관상, 시상 자기공명영상과 함께 살펴서 구역화영상에서 그린 해부구조의 테두리가 매끈하고 해부학 지식에 들어맞는지 확인하였다(Fig. 5).

구역화영상이 틀렸으면 고쳤다. 해부구조의 테두리를 틀리게 그린 구역화영상이 있으면 해부구조의 테두리를 고쳐서 구역화영상을 다시 만들었다. 구역화영상을 다시 만든 다음에도 관상, 시상 구역화영상을 새로 만들어서 구역화영상이 맞는지 다시 확인하였다(Fig. 5).

결 과

수평, 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상을 다음과 같이 마련하였다. 표준 체형을 갖고 있고 건강한 한국 남성(19세)을 대상으로 자기공명영상을 마련하였다. 차려자세인 온몸의 자기공명영상을 수평 방향으로 마련하였다. 대상자를 움직이지 않게 하고, body coil만 쓰고, T1을 강조하고, NEX를 2번으로 하고, interleave 방법을 써서 모든 해부구조가 골고루 잘 나타난 자기공명영상을 짧은 시간(3시간)에 마련하였다. 자기공명영상에 들어맞고,

해부구조의 테두리가 올바르고, 해부구조를 구별하기 쉬운 구역화영상을 마련하였다(Figs. 3, 4). 자기공명영상과 구역화영상을 짝아서 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상을 마련하였다(Fig. 5).

자기공명영상과 구역화영상 613쌍을 마련하였다. 키가 176 cm인 대상자를 자기공명영상 촬영기의 침대에 눕혔을 때 발바닥굽힘 때문에 머리끝에서 발끝까지의 길이가 184 cm였다. 그리고 자기공명영상의 절편두께가 3 mm였고 절편사이간격이 없었기 때문에 자기공명영상 613개를 마련하였다. 자기공명영상의 표시범위가 480 mm × 480 mm였고, 해상도가 512 × 512였기 때문에 화소크기가 1 mm 즈음이었다. 여백을 잘라낸 자기공명영상의 해상도가 512 × 274였고, 빛깔이 8 bit gray였고, 파일 형식이 TIFF 파일이었기 때문에 파일 1개의 크기가 145 KB였고, 전체 파일 613개의 크기가 87 MB였다. 자기공명영상을 구역화해서 구역화영상 613개를 마련하였다. 구역화영상의 빛깔이 8 bit color였기 때문에 파일 1개의 크기가 412 KB였고, 전체 파일 613개의 크기가 249 MB였다(Figs. 3, 4, Table 1).

관상 자기공명영상과 관상 구역화영상 274쌍을 마련하였다. 임시 자기공명영상(간격 1 mm)의 해상도와 개수가 각각 512 × 274와 1,839개였기 때문에 해상도가 512 × 1,839인 관상 자기공명영상 274개를 마련하였다. 관상 자기공명영상의 빛깔이 8 bit

gray였고, 파일 형식이 TIFF 파일이었기 때문에 파일 1개의 크기가 928 KB였고, 전체 파일 274개의 크기가 249 MB였다. 관상 구역화영상(해상도 512 × 1,839)의 빛깔이 8 bit color였기 때문에 파일 1개의 크기가 2,759 KB였고, 전체 파일 274개의 크기가 738 MB였다(Fig. 5, Table 1).

시상 자기공명영상과 시상 구역화영상 512쌍을 마련하였다. 시상 자기공명영상과 시상 구역화영상(해상도 274 × 1,839)의 파일 1개의 크기가 각각 499 KB와 1,477 KB였고, 전체 파일 512개의 크기가 각각 249 MB와 738 MB였다(Fig. 5, Table 1).

고 찰

외과대학 학생과 의사가 자기공명영상에서 보이는 해부구조를 익히는데 실제로 도움을 주기 위해서는 다음과 같은 교육자료를 마련해야 한다.

한국사람의 자기공명영상을 마련해야 한다. 외국사람의 자기공명영상으로는 한국사람의 자기공명영상을 익히기 어려운데, 이것은 인종과 민족마다 얼굴이 다르게 생긴 것처럼 기관도 다르게 생겼기 때문이다(Van De Graaff 1998). 따라서 이 연구에서는 한국사람의 자기공명영상을 마련하였다.

젊은이의 자기공명영상을 마련해야 한다. 대상자가 너무 늙으면 기관이 퇴화해서 자기공명영상을 보기 나쁘고, 대상자가 너무 어리면 기관이 완전하게 발달하지 않아서 역시 자기공명영상을 보기 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 젊은(19세) 남성의 자기공명영상을 마련하였다. 앞으로는 젊은 여성의 자기공명영상도 마련할 필요가 있다. 그러나 나이에 따라서 자기공명영상이 어떻게 다른지 익히기 위해서는 늙거나 어린 대상자의 자기공명영상도 마련할 필요가 있다.

표준 체형을 갖고 있는 대상자의 자기공명영상을 마련해야 한다. 보기를 들어서 뚱뚱한 대상자의 자기공명영상을 마련해서 익히면 마른 사람의 자기공명영상을 판독하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 여러 체형의 자기공명영상을 대표할 수 있도록 표준 체형을 갖고 있는 대상자의 자기공명영상

을 마련하였다. 이를 위해서 대상자를 생체측해서 한국사람의 표준 체형에 속하는지 확인하였다(김철중 등 1992).

건강한 대상자의 자기공명영상을 마련해야 한다. 보기를 들어서 간암이 있는 대상자의 자기공명영상을 마련하면, 간암의 자기공명영상을 공부하는 데에는 좋지만 다른 질병의 자기공명영상을 공부하는 데에는 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 기준으로 삼을 수 있는 건강한 대상자의 자기공명영상을 마련하였다. 이를 위해서 자기공명영상을 찍기 전에 문진과 신체검사를 하고, 자기공명영상을 찍은 다음에 자기공명영상을 살펴서 특별한 질병이 없는지 확인하였다. 한편 문진과 신체검사를 해서 자기공명영상을 찍는 데 문제가 되는 심장박동이상, 호흡이상, 폐쇄공포가 없는지도 확인하였다. 그러나 건강한 사람과 질병이 있는 사람의 자기공명영상이 어떻게 다른지 익히기 위해서는 질병이 있는 대상자의 자기공명영상도 마련할 필요가 있다.

생체의 자기공명영상을 마련해야 한다. 돌아가신 지 얼마 안된 시신을 대상으로 자기공명영상을 찍으면 시신이 움직이지 않기 때문에 흐리지 않은 자기공명영상을 마련할 수 있다. 또한 그 시신을 연속절단하고 절단면을 컴퓨터에 입력해서 해부영상을 만든 다음에 자기공명영상과 해부영상을 견주면 자기공명영상을 익히는데 도움이 된다(Spitzer 등 1996, 김진용 등 2002, 박진서 등 2002). 그런데 젊고, 표준 체형을 갖고 있고, 병리 소견이 적고, 돌아가신 지 얼마 안된 시신을 구하는 것이 매우 어렵다. 따라서 이 연구에서는 생체의 자기공명영상을 마련하였다(Figs. 1, 2).

온몸의 자기공명영상을 마련해야 한다. 보기를 들어서 머리, 목의 자기공명영상을 마련하면, 소화계통 같은 한 계통을 모두 볼 수 없다(정민석 등 2000). 따라서 이 연구에서는 온몸의 자기공명영상을 마련하였다(Fig. 3). 그런데 온몸의 자기공명영상을 한 번에 찍을 수 없었기 때문에 머리끝에서 무릎까지 찍은 다음에 대상자를 머리쪽으로 당겨서 무릎에서 발끝까지 찍었다. 이처럼 두 번으로 나누어 찍은 자기공명영상을 모은 다음에 정렬하였고, 정렬이 맞는지 확인하기 위해서 관상, 시상

자기공명영상을 만들어서 살폈다(Fig. 5).

차려자세의 자기공명영상을 마련해야 한다. 해부학자세의 자기공명영상을 마련하면 대상자의 아래 팔과 손이 자기공명영상의 표시범위(480mm×480mm)에서 벗어나기 쉽다. 또한 해부학자세의 자기공명영상을 마련하면 대상자의 앞, 뒤 여백을 잘라낸 자기공명영상의 가로가 세로보다 훨씬 더 길다. 이 자기공명영상을 컴퓨터 모니터(가로:세로 4:3)에서 보면 컴퓨터 모니터의 위, 아래에 여백이 많이 남아서 불편하다. 따라서 이 연구에서는 해부학자세와 비슷하고 의사한테 익숙해서 판독하기 좋은 차려자세의 자기공명영상을 마련하였다. 여백을 잘라낸 자기공명영상(해상도 512×274)의 가로:세로(4:2.14)가 컴퓨터 모니터의 가로:세로(4:3)와 비슷하였다(Figs. 3, 4).

수평 방향의 자기공명영상을 마련해야 한다. 수평 방향이 아닌 비스듬한 방향의 자기공명영상을 마련하면 수평 방향의 자기공명영상을 판독해야 하는 의사한테 덜 도움이 된다. 또한 비스듬한 방향의 자기공명영상을 마련하면 올바른 관상, 시상 자기공명영상을 만들 수 없기 때문에 마찬가지로 덜 도움이 된다. 따라서 이 연구에서는 올바른 수평 방향의 자기공명영상을 마련하였다(Figs. 3, 4). 이를 위해서 대상자를 자기공명영상 촬영기의 침대에 나란히 눕혔고, 자기공명영상 촬영기의 레이저 빛으로 확인하면서 침대 높이를 조절하였고, 대상자의 뒤통수에 베개를 받쳤고, 따로 대상자의 몸을 묶었다(Fig. 2). 또한 자기공명영상에서 여러 해부구조가 최우 대칭인지 확인하였고, 시상 자기공명영상에서 뇌, 척추 등이 올바른 시상 방향인지 확인하였다(Fig. 5). 앞으로는 하나의 자기공명영상에서 시각신경이 모두 나타나는지도 확인할 필요가 있다(Spitzer와 Whitlock 1998).

대상자가 움직이지 않게 해서 깨끗한 자기공명영상을 마련해야 한다. 자기공명영상을 찍을 때 대상자의 근육, 위창자, 허파, 심장이 움직이면 자기공명영상이 흐려진다. 따라서 이 연구에서는 근육과 위창자가 움직이지 않게 하였고, 허파와 심장의 움직임에 따른 영향을 없앴다. 근육이 움직이지 않게 하기 위해서 자기공명영상을 찍을 때 따로 온몸을

묶었고(Fig. 2), 위창자가 덜 움직이게 하기 위해서 자기공명영상을 찍기 12시간 전부터 대상자를 굶겼다. 허파의 움직임에 따른 영향을 없애기 위해서 허파가 숨을 내쉬는 상태에서만 자기공명영상을 찍었고, 심장의 움직임에 따른 영향을 없애기 위해서 심실이 이완한 상태에서만 자기공명영상을 찍었다(Fig. 1).

대상자 곁에 있는 금속을 치워서 깨끗한 자기공명영상을 마련해야 한다. 자기공명영상을 찍을 때 금속이 있으면 깨끗한 자기공명영상을 마련할 수 없다. 따라서 이 연구에서는 신체검사를 해서 금속의치가 없는지 확인하였고, 자기공명영상을 찍을 때 대상자 곁에 있는 금속을 모두 치웠다.

해상도가 512×512인 자기공명영상을 마련해야 한다. 해상도가 256×256인 자기공명영상을 마련하면 표시범위가 480mm×480mm이기 때문에 자기공명영상의 화소크기가 2mm 즈음이고, 그 결과로 자기공명영상에서 해부구조를 보기도 나쁘고 구역화하기도 어렵다. 따라서 이 연구에서는 해상도가 512×512인 자기공명영상을 마련하였다(Figs. 3, 4, Table 1). 이 연구에서는 1.5 Tesla 자기공명영상 촬영기를 썼는데, 앞으로는 자기장 세기가 2배인 3 Tesla 자기공명영상 촬영기를 써서 신호대잡음비가 크고, 따라서 해부구조의 경계가 뚜렷한 자기공명영상을 마련할 필요가 있다.

절편두께가 3mm인 자기공명영상을 마련해야 한다. 보기를 들어서 절편두께가 1mm인 자기공명영상을 마련하면 잡음이 강하기 때문에 해부구조의 경계가 모호하고, 온몸을 찍는 시간이 길기 때문에 대상자의 근육이 움직여서 자기공명영상이 흐려지기 쉽다. 거꾸로 보기를 들어서 절편두께가 5mm인 자기공명영상을 마련하면 수평, 관상, 시상 자기공명영상에서 작은 해부구조가 나타나지 않을 수 있다. 따라서 이 연구에서는 절편두께가 3mm이고 절편사이간격이 없는 자기공명영상을 마련하였고 그 결과 자기공명영상의 간격이 3mm였다(Table 1). 관상, 시상 자기공명영상을 만들기 위해서는 자기공명영상의 간격(3mm)을 화소크기(1mm 즈음)에 맞추어야 하기 때문에 각각 자기공명영상을 2번씩 복사해서 간격이 1mm인 임시 자기

공명영상을 만들었다. 앞으로는 3 Tesla 자기공명영상 촬영기를 써서 절편두께가 1 mm인 자기공명영상을 짧은 시간에 마련할 필요가 있다.

Body coil을 써서 찍은 온몸의 자기공명영상을 마련해야 한다. Head coil을 써서 머리, 목의 자기공명영상을 찍고, body coil을 써서 몸통, 팔다리의 자기공명영상을 찍으면 두 자기공명영상의 표시범위와 화소크기가 다르기 때문에 두 자기공명영상을 모아서 정렬할 수 없고, 온몸의 관상, 시상 자기공명영상을 만들 수 없다. 따라서 이 연구에서는 body coil을 써서 온몸의 자기공명영상을 찍었다. 그러나 머리, 목의 자기공명영상만 마련하는 경우에는 head coil을 써서 자기공명영상의 표시범위와 화소크기를 작게 할 필요가 있다(정민석 등 2000).

T1을 강조한 자기공명영상을 마련해야 한다. 자기공명영상을 찍을 때 T2를 강조하면 찍는 시간이 길다. 또한 T2를 강조하면 모든 해부구조가 골고루 잘 나타나지 않으며, proton density를 강조하면 더 그렇다. 따라서 이 연구에서는 자기공명영상을 찍을 때 T1을 강조하였다. T1을 강조하면 지방이 가장 밝게 나타나고, 그 다음은 단백질, 물, 뼈 순서대로이다. T1을 강조할 때 TR을 길게 (900 msec~1,000 msec)하면 찍는 시간이 길고, 지방과 물의 경계, 즉 많은 해부구조의 경계가 모호하다. 거꾸로 TR을 짧게 (500 msec~700 msec) 하면 신호가 약하고 상대적으로 잡음이 강하다. 따라서 이 연구에서는 T1을 강조할 때 TR을 800 msec로 하였다. T1을 강조할 때 TE를 길게 하면 신호가 약하고 상대적으로 잡음이 강하다. 따라서 이 연구에서는 T1을 강조할 때 TE를 8 msec로 하였다. 이처럼 T1을 강조할 때 TR과 TE를 각각 800 msec와 8 msec로 했기 때문에 자기공명영상을 찍는 시간(3시간)이 짧았고, 지방과 물의 경계가 뚜렷하고 신호대잡음비가 커서 해부구조의 경계가 뚜렷하였다.

NEX를 2번으로 한 자기공명영상을 마련해야 한다. 자기공명영상의 신호 강도는 NEX의 제곱근에 비례한다. 즉 NEX를 2번으로 한 자기공명영상의 신호 강도는 NEX를 1번으로 한 것의 1.4배 즈음($=2/1$)이고, NEX를 3번으로 한 자기공명영상의 신호 강도는 NEX를 2번으로 한 것의 1.2배 즈음($=3$

$/2$)이다. 따라서 NEX를 1번으로 하면 NEX를 2번으로 하는 것에 비해서 빨리 찍을 수 있지만, 신호가 많이 약하고 상대적으로 잡음이 많이 강하기 때문에 해부구조의 경계가 모호하다. NEX를 3번으로 하면 NEX를 2번으로 하는 것에 비해서 신호가 약간 강하지만(1.2배 즈음), 찍는 시간이 길기 때문에 대상자가 움직여서 자기공명영상이 흐려지기 쉽다. 따라서 이 연구에서는 NEX를 2번으로 한 자기공명영상을 마련하였고, 그 결과로 NEX를 1번으로 한 것에 비해서 신호가 많이 강했고(1.4배 즈음), NEX를 3번으로 한 것에 비해서 찍는 시간이 짧았다.

Interleave 방법으로 자기공명영상을 마련해야 한다. Interleave 방법을 쓰지 않으면 자기공명영상의 신호가 이웃한 자기공명영상의 신호에 영향을 주기 때문에 잡음의 하나인 cross talk artifact가 나타나서 해부구조의 경계가 모호하다. 보기를 들어서 이웃한 자기공명영상 8개를 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8이라고 했을 때, 1에서 8까지 순서대로 찍으면 자기공명영상 2의 신호가 자기공명영상 1과 3의 신호에 영향을 주기 때문에 자기공명영상 1과 3에 cross talk artifact가 나타난다. 따라서 이 연구에서는 자기공명영상 1, 3, 5, 7을 찍은 다음에 자기공명영상 2, 4, 6, 8을 찍는 interleave 방법으로 자기공명영상을 마련하였다.

개인용컴퓨터에서 볼 수 있는 자기공명영상을 마련해야 한다. 찍은 자기공명영상은 자기공명영상 촬영기의 워크스테이션에 저장하는데, 이 워크스테이션은 누구나 쉽게 쓸 수 없다. 따라서 이 연구에서는 PACS를 통해서 워크스테이션에 저장한 자기공명영상을 개인용컴퓨터로 옮겨서 저장하였다.

관상, 시상 자기공명영상을 마련해야 한다. 관상, 시상 자기공명영상이 없으면 머리끝에서 무릎까지의 자기공명영상과 무릎에서 발끝까지의 자기공명영상 사이의 정렬이 맞는지 확인하기 어렵다. 또한 관상, 시상 자기공명영상이 없으면 관상, 시상 자기공명영상을 익히기 어렵다(정민석 등 2000). 따라서 이 연구에서는 관상, 시상 자기공명영상을 마련하였다. 이를 위해서 각각의 자기공명영상을 2번씩 복사해서 자기공명영상의 간격(3 mm)을 화소크기

(1 mm 즈음)에 맞춘 다음에 모든 자기공명영상의 어느 한 행과 열을 쌓아서 관상, 시상 자기공명영상을 만들었다(Fig. 5). 이 연구에서 쓴 기술은 다른 연구에서도 수직 영상을 만드는데 쓸 수 있다. 보기를 들어서 조직 표본을 연속절단해서 연속절단면영상을 만든 다음에 이것의 수직 영상을 만드는 데 쓸 수 있다.

자기공명영상에 들어맞는 구역화영상을 마련해야 한다. 자기공명영상에 들어맞는 구역화영상이 없으면 자기공명영상의 해부구조를 익히기 어렵다(정민석 등 2000, Chung과 Kim 2000). 따라서 이 연구에서는 수평, 관상, 시상 자기공명영상에 들어맞는 수평, 관상, 시상 구역화영상을 마련하였다(Figs. 3, 4). 이를 위해서 자기공명영상 위에 해부구조의 테두리를 그렸고(Fig. 6), 구역화영상의 해상도(512×274)와 여백을 자기공명영상과 같게 하였다(Table 1). 또한 관상, 시상 자기공명영상을 만드는 방법대로 관상, 시상 구역화영상을 만들었다(Fig. 5). 한편 구역화한 해부구조의 바깥을 검은 빛깔로 채우면 자기공명영상과 구역화영상을 겹쳐서 보기 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 해부구조의 바깥을 검은 빛깔로 채우지 않고 자기공명영상으로 남겨 놓았다(Figs. 3, 4, 6). 앞으로는 서로 들어맞는 자기공명영상과 구역화영상을 함께 볼 수 있는 소프트웨어를 마련할 필요가 있다.

해부구조의 테두리를 올바르게 그린 구역화영상을 마련해야 한다. 미리 종이에 해부구조의 테두리를 그리지 않고 구역화영상을 만들면 구역화영상이 틀리기 쉽다. 따라서 이 연구에서는 자기공명영상을 인쇄한 종이에 해부구조의 테두리를 그린 다음에 종이를 넘겨 보면서 각 해부구조의 테두리를 올바르게 그렸는지 확인하였다(Fig. 6). 한편 구역화영상을 검증하지 않으면 자기공명영상 613개에서 해부구조 59개의 테두리를 수동으로 그리면서 실수한 것을 놓치기 쉽다. 따라서 이 연구에서는 관상, 시상 구역화영상을 살펴서 구역화영상이 맞는지 확인하였다(Fig. 5). 앞으로는 구역화영상을 쌓아서 재구성한 3차원영상을 골라서 돌려 보고, 잘라 보아서 각 해부구조의 3차원영상 테두리가 매끈하고 해부학 지식에 들어맞는지 확인할 필요

가 있다.

해부구조를 구별하기 쉬운 구역화영상을 마련해야 한다. 이웃한 해부구조를 비슷한 빛깔로 그리면 구역화영상에서 해부구조를 구별하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 이웃한 해부구조의 테두리를 크게 다른 빛깔로 그려서 구역화영상을 만들었다(Figs. 3, 4). 한편 해부구조의 테두리 속을 채우지 않으면 구역화영상에서, 특히 관상, 시상 구역화영상에서, 해부구조가 눈에 잘 띄지 않는다. 따라서 이 연구에서는 해부구조의 테두리 속을 테두리 빛깔로 채웠다. 그러나 자기공명영상 없이 구역화영상만 보면서 자기공명영상을 익힐 때에는 자기공명영상 위에 해부구조의 테두리만 그리고 속을 채우지 않은 구역화영상을 만들 필요가 있다(Figs. 3, 4, 5, 6).

관상, 시상 구역화영상을 마련해야 한다. 관상, 시상 구역화영상이 없으면 관상, 시상 자기공명영상의 해부구조를 익히기 어렵고, 구역화영상을 검증하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 관상, 시상 자기공명영상을 만드는 방법과 마찬가지로 관상, 시상 구역화영상을 만들었다(Fig. 5). 앞으로는 관상, 시상 자기공명영상과 구역화영상을 함께 볼 수 있고, 자기공명영상과 구역화영상을 임의의 각도로 잘라 볼 수 있는 소프트웨어를 만들 필요가 있다.

TIFF 파일로 저장한 자기공명영상과 구역화영상을 마련해야 한다. 자기공명영상을 JPEG (joint photographic coding experts group) 파일로 압축해서 저장하면 파일 크기가 작지만 자기공명영상의 올바른 정보를 잃는다. 따라서 이 연구에서는 자기공명영상을 DICOM 파일에서 TIFF 파일로 바꾸어서 저장하였다. TIFF 파일은 자기공명영상의 올바른 정보를 담은 뿐 아니라 IBM 호환 컴퓨터와 Macintosh 컴퓨터의 거의 모든 소프트웨어에서 볼 수 있다. 같은 까닭으로 구역화영상과 관상, 시상 영상도 TIFF 파일로 저장하였다. 자기공명영상과 구역화영상을 BMP (bitmap) 파일로 저장해도 나쁘지 않으나 BMP 파일은 TIFF 파일보다 파일 크기가 조금 더 커서 TIFF 파일로 저장하였다. 이 연구에서 만든 모든 영상의 파일(2,310 MB)을 압축하면 CD-title 1개에 담은 만큼 파일 크기가 작기(180 MB)

때문에 오프라인으로도 쉽게 퍼뜨릴 수 있고, 온라인으로도 인터넷을 통해서 쉽게 퍼뜨릴 수 있다 (Table 1).

이 연구에서 만든 자기공명영상과 구역화영상을 널리 퍼뜨리면 의과대학 학생과 의사가 온몸의 자기공명영상에서 해부구조가 어떻게 보이는지 익히는 데 도움이 될 것이다. 또한 이 연구에서 만든 자기공명영상과 구역화영상을 함께 볼 수 있는 소프트웨어를 만들고, 자기공명영상과 구역화영상을 3차원영상으로 재구성한 다음에 각 해부구조의 3차원영상을 골라서 돌려 보고, 잘라 볼 수 있는 소프트웨어를 만들면 더 도움이 될 것이다. 또한 젊은 여성과 어린이의 자기공명영상을 마련할 필요가 있고, 3 Tesla 자기공명영상 촬영기를 써서 해부구조의 경계가 뚜렷하고, 절편두께가 얇은 자기공명영상을 마련할 필요가 있고, 시신의 해부영상을 마련해서 자기공명영상과 견줄 필요가 있다 (Spitzer 등 1996, 김진용 등 2002, 박진서 등 2002).

참 고 문 헌

김소예 : 포토샵 바이블. 정보게이트, pp. 372-413, 2000.

- 김진용, 정민석, 박진서, 안창식, 하동환, 박형선 : 온몸의 연속절단면영상 만들기 (둘째 보고: 해부영상을 찍고 다듬는 방법). 대한해부학회지 35(4) : 305-314, 2002.
- 김철중, 이남식, 김진호, 박수찬, 이용호, 최종후, 강신철, 이규급, 이상도, 이종춘 : 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준채위 조사 보고서. 한국표준과학연구소, pp. 3-5, 23-39, 47-48, 64-70, 1992.
- 박진서, 정민석, 김진용, 박형선 : 온몸의 연속절단면영상 만들기 (첫째 보고: 포매하고 연속절단하는 방법). 대한해부학회지 35(4) : 297-304, 2002.
- 정민석, 조우정, 김이석, 조재현, 최우영 : 여러 방향으로 촬영한 머리, 목의 자기공명영상을 익힐 수 있는 컴퓨터 소프트웨어. 대한체질인류학회지 13(3) : 263-270, 2000.
- Chung MS, Kim SY : Three-dimensional image and virtual dissection program of the brain made of Korean cadaver. Yonsei Med J 41 : 299-303, 2000.
- Spitzer VM, Ackerman MJ, Scherzinger AL, Whitlock DG : The Visible Human Male. Technical report. J Am Med Inform Assoc 3 : 118-130, 1996.
- Spitzer VM, Whitlock DG : Atlas of the Visible Human Male Reverse Engineering of Human Body. Massachusetts, Jones and Bartlett Publishers, 1998.
- Van De Graaff KM : Human Anatomy, 5th ed. Boston, WCB McGraw-Hill, pp. 27, 761-762, 1998.

Abstract

Horizontal, Coronal, Sagittal MR Images and Segmented Images of the Korean Entire Body

Jin Yong Kim, Min Suk Chung, Yong Sook Lee,
Jin Seo Park, Jae Hyun Cho¹, Woo Young Choi²

Department of Anatomy and ¹Department of Radiology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

²Division of Electronic, Information & Communication Engineering, Myongji University, Yongin, Korea

For identifying the pathological findings in magnetic resonance images (MRIs), the anatomical structures in MRIs should be identified in advance. For studying the anatomical structures in MRIs of Koreans, the education materials such as following images are necessary. First, MRIs of Korean; second, MRIs of the entire body; third, horizontal, coronal, and sagittal MRIs; fourth, segmented images corresponding to the MRIs. Therefore, in this study the horizontal, coronal, and sagittal MRIs and corresponding segmented images, on which the anatomical structures can be easily identified, were made.

A Korean male adult (19 years old, height 176 cm, weight 67 kg) who had a Korean standard body shape and had not serious disease was selected. 613 MRIs of the entire body were scanned at (slice thickness 3 mm, interslice gap 0 mm, field of view 480 mm × 480 mm, bit depth 8 bit gray, resolution 512 × 512, T1 weight, NEX 2, interleave method) and transferred to the personal computer and saved. Outlines of the 59 kinds of anatomical structures were manually drawn on the MRIs to make segmented images (bit depth 8 bit color). Coronal (274 pairs, resolution 512 × 1,839), sagittal (512 pairs, resolution 274 × 1,839) MRIs and segmented images were made by stacking each row or each column of all MRIs and segmented images.

The horizontal, coronal, sagittal MRIs and segmented images of the Korean entire body which were made in this study will be helpful in studying the anatomical structures in MRIs. These education materials will be distributed worldwide through Internet or CD title.

Key words : Entire body, Horizontal, Coronal, Sagittal, MRI, Segmented image