

온몸의 연속절단면영상 (여섯째 보고: 절단해부학을 익히기 위해서 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨어)

박진서, 정민석*, 최승훈¹, 변호영¹, 황재연¹, 신병석², 박형선³

아주대학교 의과대학 해부학교실, ¹(주)휴민텍,
²인하대학교 공과대학 컴퓨터공학부, ³한국과학기술정보연구원

초 록 : 절단해부학은 시신을 평면으로 절단해서 보이는 해부구조물을 익히는 과목이다. 이 연구의 목적은 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨어를 만들어서 절단해부학을 익히는 데 도움을 주고, 나아가 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 익히는 데에도 도움을 주는 것이다.

이미 만든 한국 남성 시신의 온몸 연속절단면영상(수평 방향) 중에서 서로 들어맞고, 간격이 1 mm인 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상 1,702벌을 추렸다. 이 영상을 편리하게 둘러볼 수 있는 소프트웨어(파일 크기 377 MBytes)를 만들었으며, 소프트웨어의 기능은 다음과 같았다. 언제나 서로 들어맞는 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상을 볼 수 있었고, 네 영상 중에서 관심 있는 것을 크게 볼 수 있었다. 소프트웨어의 단추, 두루마리막대, 영상 번호, 또는 컴퓨터의 자판을 써서 보고 싶은 영상을 편리하게 실시간에 찾아서 볼 수 있었다. 연속절단면영상에서 구역화한 해부구조물 13개의 이름을 볼 수 있었다.

의과대학 학생과 의사가 이 소프트웨어에서 해부영상을 둘러보면서 해부구조물의 입체 생김새를 따지면 해부학을 복습하는 데 도움이 되고, 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 해부영상과 견주어서 보면 자기공명영상과 컴퓨터단층사진에서 정상 해부구조물이 어떻게 보이는지 깨닫는 데 도움이 된다.

찾아보기 낱말 : 온몸, 연속절단면영상, 절단해부학, 소프트웨어, 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진

서 론

해부학은 시신을 입체로 해부해서 보이는 해부구조물을 익히는 과목이고, 절단해부학은 시신을 평면으로 절단해서 보이는 해부구조물을 익히는 과목이다. 해부학을 알면 절단해부학을 깨닫는 데 도움이 되고, 절단해부학을 알면 해부학을 깨닫는 데 도움이 된다. 또한 절단해부학을 알면 자기공명영상과 컴퓨터단층사진에서 정상 해부구조물이 어떻게 보이는지 깨닫는 데 도움이 된다. 따라서 절단해부학은 해부학 교육의 한 분야로 자리잡고 있다.

절단해부학을 익히는 데 도움을 주기 위해서 여러 교육 자료를 만들 수 있는데, 이 교육 자료는 다음과 같은 단점이 있다. 시신의 한 부위 또는 한 기관을 연속절단해서 연

속절단표본을 만들 수 있는데(김이석과 정민석, 1999; 정민석 등, 1999a, b; 김이석 등, 2000; Chung & Kim, 2000), 이 연속절단표본에서는 온몸을 다 볼 수 없다는 단점이 있다. 시신의 온몸을 연속절단해서 연속절단표본을 만들 수도 있는데, 이 연속절단표본은 얇게(1 mm쯤) 만들 수 없기 때문에 작은 해부구조물을 모두 볼 수 없다는 단점이 있고, 시신을 연속절단하기에 앞서 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 찍지 않으면 연속절단표본에 들어맞는 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 함께 볼 수 없다는 단점이 있다. 한편 이 연속절단표본은 오래 간직할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 연속절단표본을 합성수지로 포매해서 영구표본을 만들거나(황성배와 정민석, 2003), 연속절단표본을 플라스틱네이션해서 영구표본을 만들 수 있는데(Cook, 1997; Weiglein, 1997), 이 영구표본은 만드는 데 많은 시간과 노력이 필요하고, 망가뜨리거나 잃을 수 있고, 누구나 쉽게 볼 수 없다는 단점이 있다. 연속절단표본의 절단면을 사진기로 찍어서 사진책을 만들 수 있는데(Han & Kim, 1995; Shuwei, 2003),

*본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10197-0) 지원으로 수행되었음.

*교신저자: 정민석

Tel: 031-219-5032, Fax: 031-219-5039, E-mail: dissect@ajou.ac.kr

이 사진책은 이웃한 절단면을 이어서 보기 불편하고, 절단면을 찾아서 보기 불편하다는 단점이 있다. 미국과 중국에서 만든 온몸의 연속절단면영상(자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 해부영상; 간격 1 mm 이하; Spitzer *et al.*, 1996; Zhang *et al.*, 2004a)을 둘러보는 책과 소프트웨어를 만들 수 있는데 (Toh *et al.*, 1996; Spitzer & Whitlock, 1998; Zhang *et al.*, 2004b), 외국 사람의 시신으로 만든 연속절단면영상은 한국 사람과 다르다는 단점이 있으며, 이 소프트웨어는 연속절단면영상을 찾아서 보기 불편하고 공짜로 얻을 수 없다는 단점이 있다.

이 연구의 목적은 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨어를 잘 만들고 널리 퍼뜨려서 의과대학 학생과 의사가 절단해부학을 익히는 데 도움을 주고, 나아가 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 익히는 데에도 도움을 주는 것이다. 이를 위해서 이미 만든 한국 사람 온몸의 연속절단면영상(수평방향) 중에서 서로 들어맞고, 간격이 1 mm인 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상 1,702벌을 추린 다음에 이 영상을 편리하게 둘러보는 소프트웨어를 만들었다.

재료 및 방법

한국 남성 시신(나이 32세, 키 164 cm, 몸무게 55 kg)의 온몸을 대상으로 연속절단면영상을 만들었다. 아주대학교 의과대학의 시신 기증 절차에 따라 기증 받은 시신이며, 온몸의 연속절단면영상을 만들어도 된다는 유가족의 허락을 받았다. 시신의 온몸을 대상으로 1 mm 간격의 자기공명영상과 컴퓨터단층사진 1,702쌍(해상도 512×512, 빛깔 8 bits gray)을 수평 방향으로 찍었다. 시신의 온몸을 0.2 mm 간격으로 연속절단하고 모든 절단면을 찍어서 수평 방향의 해부영상 8,510개(해상도 3,040×2,008, 빛깔 24 bits color)를 만들었다. 해부영상에서 해부구조물 13개(피부, 뼈, 소화관, 간, 호흡관, 허파, 콩팥, 방광, 심장, 동맥, 대뇌, 소뇌, 뇌줄기)의 테두리를 그린 다음에 각 해부구조물의 테두리 속에 남다른 빛깔(빨강값, 초록값, 파랑값의 조합)을 채워서 구역화영상 8,510개(해상도 3,040×2,008, 빛깔 8 bits color)를 만들었다(Tables 1, 2)(김진용 등, 2002; 박진서 등, 2002; 황성배 등, 2003; 박진서와 정민석, 2004; Park *et al.*, 2005a, b).

서로 들어맞는 해부영상, 구역화영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진 1,702벌을 추렸다. 해부영상 8,510개의 파일 이름을 0000, 0001, ..., 8509로 정했으며, 이 중에서 0000을 머리 끝으로 정했고, 8509를 발 끝으로 정했다. 해부영상 8,510개 중에서 파일 이름이 5의 배수인 것(0000, 0005, ..., 8505) 1,702개를 추렸다. 이 결과로 해부영상의 간격이 0.2 mm에서 1 mm로 늘었다. 같은 방법으로 구역화영상 8,510

개 중에서 1,702개를 추렸다(Table 1). 이에 맞추어서 자기공명영상과 컴퓨터단층사진 1,702쌍의 파일 이름도 0000, 0005, ..., 8505로 바꾸었다. 파일 이름이 같으면 자기공명영상과 컴퓨터단층사진이 해부영상과 구역화영상에 들어맞는지 확인하였다. 들어맞지 않으면 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 빼거나, 복사한 것을 넣어서 들어맞게 하였다.

연속절단면영상의 여백을 잘라내고 해상도를 떨어뜨리고, 연속절단면영상을 Joint Photographic Experts Group (JPEG) 파일로 바꾸어서 파일 크기를 줄였다. 해부영상과 구역화영상에 있는 지나친 여백을 잘라냈으며, 이 때 해부영상에 있는 정렬막대와 회색단계표가 잘렸다. 이 결과로 해부영상과 구역화영상의 해상도가 3,040×2,008(가로:세로 = 1.5:1)에서 2,500×1,425(1.75:1)로 줄었다. 해부영상과 구역화영상의 해상도를 2,500×1,425(1.75:1)에서 1,000×570(1.75:1)으로 줄였다. 이 결과로 해부영상과 구역화영상의 화소 크기가 0.2 mm에서 0.5 mm로 늘었다. 자기공명영상이 해부영상과 구역화영상에 들어맞게 자기공명영상의 여백을 잘라냈다. 이 결과로 자기공명영상의 해상도가 512×512에서 493×281(1.75:1)로 줄었다. 같은 방법으로 컴퓨터단층사진의 여백을 잘라내서 컴퓨터단층사진의 해상도도 493×281(1.75:1)로 줄였다. 모든 연속절단면영상을 Tagged Image File Format (TIFF) 파일에서 JPEG 파일로 바꾸었다. 이 결과로 모든 연속절단면영상의 파일 크기가 6,022 MBytes에서 461 MBytes로 줄었다(Table 1).

컴퓨터 전문가의 도움을 받아서 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨어를 Microsoft Visual Studio.NET 2003에서 C# 언어로 만들었다. 소프트웨어를 잘 만들기 위해서 사용자의 입력부터 화면의 출력까지를 간추린 소프트웨어의 구조를 미리 잘 필요가 있었다. 따라서 이 연구에서는 사용자의 입력에 따라서 도움말, 연속절단면영상, 해부구조물의 이름을 화면에 나타내기 위한 소프트웨어의 세 구조를 다음처럼 짰다(Table 3).

사용자가 마우스 포인터를 단추 또는 두루마리막대(Scroll bar)에 놓으면 도움말을 화면에 나타내기 위한 소프트웨어의 구조를 다음처럼 짰다. 마우스 포인터를 단추에 놓으면 어느 단추에 놓았는지 알아낸 다음에 이 단추의 이름을 알아낸다. 이 이름을 화면에 나타낸다. 마우스 포인터를 두루마리막대에 놓으면 두루마리막대의 어느 높이에 놓았는지 알아낸 다음에 이 높이에 들어맞는 연속절단면영상의 번호를 알아낸다. 이 번호를 화면에 나타낸다(Table 3).

사용자가 마우스 포인터를 단추 또는 두루마리막대에 놓고 클릭하면 연속절단면영상을 화면에 나타내기 위한 소프트웨어의 구조를 다음처럼 짰다. 마우스 포인터를 단추에 놓으면 어느 단추에 놓았는지 알아낸다. 마우스를 클릭하면 이 단추의 쓰임새에 들어맞는 연속절단면영상의 번호를 알아낸 다음에 이 번호의 연속절단면영상을 화면에 나타낸

Table 1. Features of the anatomical, MR, CT, and segmented images either as full-sized data or as reduced data

Image	Full-sized data (TIFF file)				Reduced data			(TIFF file)	(JPEG file)
	Intervals	Number	Resolution	Color depth	Intervals	Number	Resolution	File size	File size
Anatomical	0.2 mm	8,510	3,040 × 2,008	24 bits color	1 mm	1,702	1,000 × 570	2,774 MBytes	232 MBytes
MR	1.0 mm	1,702	512 × 512	8 bits gray	1 mm	1,702	493 × 281	237 MBytes	86 MBytes
CT	1.0 mm	1,702	512 × 512	8 bits gray	1 mm	1,702	493 × 281	237 MBytes	46 MBytes
Segmented	0.2 mm	8,510	3,040 × 2,008	8 bits color	1 mm	1,702	1,000 × 570	2,774 MBytes	97 MBytes
Total		20,424				6,808		6,022 MBytes	461 MBytes

Table 2. Color table (color.txt) including 13 segmented anatomical structures and their information

Anatomical structure	Red value	Green value	Blue value	Starting image number	Ending image number
Skin	210	210	0	0	8,505
Bone	100	255	255	35	8,480
Gastrointestinal tract	0	250	0	880	4,610
Liver	0	150	150	2,520	3,460
Respiratory tract	0	0	250	1,210	2,550
Lung	0	0	150	1,540	3,160
Kidney	150	150	0	2,985	3,565
Urinary bladder	200	100	50	4,200	4,495
Heart	150	0	0	1,935	2,570
Artery	250	0	0	880	6,805
Cerebrum	255	0	255	95	720
Cerebellum	150	0	150	455	815
Brain stem	100	0	100	570	720

Table 3. Architecture of the browsing software for displaying the tiptool text, image, and name of anatomical structure

Inputting by user	Identifying input in software	Deciding output in software	Outputting on monitor
Putting mouse pointer on button or scroll bar	Identifying location of mouse pointer	Deciding tiptool text, which will be displayed	Displaying tiptool text
Clicking mouse pointer on button or scroll bar	Identifying location of mouse pointer	Deciding image, which will be displayed	Displaying image
Putting mouse pointer on anatomical structure in image	Identifying RGB value below mouse pointer	Deciding name of anatomical structure, which will be displayed	Displaying name of anatomical structure

다. 마우스 포인터를 두루마리막대에 놓으면 두루마리막대의 어느 높이에 놓았는지 알아낸 다음에 이 높이에 들어맞는 연속절단면영상의 번호를 알아낸다. 마우스를 클릭하면 이 번호의 연속절단면영상을 화면에 나타낸다(Table 3). 사용자가 컴퓨터 자판을 누르거나 영상 번호(Image number)에 숫자를 타자 쳐도 사용자의 명령에 들어맞는 연속절단면영상을 화면에 나타낸다.

사용자가 마우스 포인터를 연속절단면영상의 해부구조물에 놓으면 이 해부구조물의 이름을 화면에 나타내기 위한 소프트웨어의 구조를 다음처럼 짰다. 마우스 포인터를 구역화영상에 놓으면 이 곳에 있는 구역화영상의 빛깔을 알아낸다. 사용자가 마우스 포인터를 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진에 놓으면 이를 구역화영상에 놓은 것으로 치고, 이 곳에 있는 구역화영상의 빛깔을 알아낸다. 이것은 네 영상이 서로 들어맞기 때문에 할 수 있는 것이다. 이 빛

깔에 들어맞는 해부구조물의 이름을 빛깔표 파일에서 알아낸다. 빛깔은 빨강값, 초록값, 파랑값(각각 0에서 255까지)의 조합으로 나타내는데, 각 값의 오차가 ±10보다 작으면 같은 빛깔로 친다(Table 2). 이 해부구조물의 이름을 화면에 나타낸다(Table 3).

결 과

이 연구에서 만든 소프트웨어를 쉽게 퍼뜨리고 설치할 수 있었다. 설치하기 전의 소프트웨어는 파일 크기가 377 MBytes였는데, 이것은 연속절단면영상(파일 크기 461 MBytes)을 압축해서 소프트웨어를 만들었기 때문이다. 따라서 이 소프트웨어를 씨디 타이틀 1개에 담아서 퍼뜨리거나, 온라인으로(anatomy.co.kr) 쉽게 퍼뜨릴 수 있었다. 소프

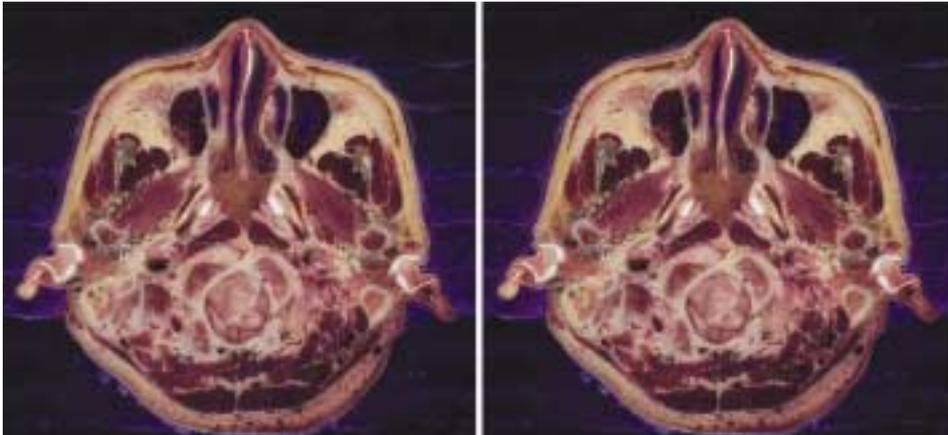


Fig. 1. Anatomical image saved as the TIFF file (left) and the JPEG file (right).

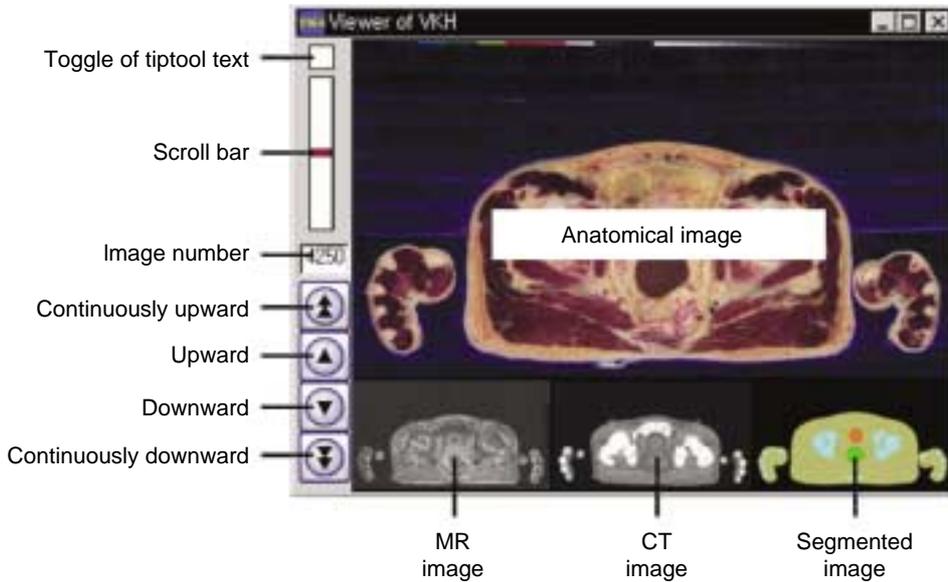


Fig. 2. Initial feature of the browsing software demonstrating the center image (number 4250) from the whole.

트웨어를 개인용 컴퓨터의 윈도우즈 환경에서 쉽게 설치할 수 있었다.

소프트웨어를 설치하면 압축이 풀리면서 실행 파일, 빛깔표 파일 등을 담은 자체 폴더와 연속절단면영상을 담은 하위 폴더가 생겼다. 자체 폴더에는 실행 파일 (viewer of VKH.exe)과 빛깔표 파일 (color.txt) 등이 담겨 있었다. 빛깔표 파일에는 구역화한 해부구조물 13개의 빨강값, 초록값, 파랑값, 그리고 해부구조물이 처음으로 나타나는 영상 번호와 마지막으로 나타나는 영상 번호가 담겨 있었다 (Table 2). 자체 폴더의 파일 크기는 0.2 MBytes뿐이었다.

하위 폴더는 네 개였으며, 각 폴더에 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상의 파일이 1,702개씩 담겨 있었다. 모든 연속절단면영상은 JPEG 파일이었으며, 파일 크기가 461 MBytes로서 TIFF 파일 (6,022 MBytes)의 8%였다. 이 중에서 해부영상은 파일 크기 (232 MBytes)가 TIFF

파일 (2,774 MBytes)의 8%였고, 자기공명영상은 파일 크기 (86 MBytes)가 TIFF 파일 (237 MBytes)의 36%였고, 컴퓨터 단층사진은 파일 크기 (46 MBytes)가 TIFF 파일 (237 MBytes)의 19%였고, 구역화영상은 파일 크기 (97 MBytes)가 TIFF 파일 (2,774 MBytes)의 4%였다. 즉 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸었을 때 구역화영상의 파일이 상대적으로 가장 작아졌고, 그 다음은 해부영상, 컴퓨터단층사진, 자기공명영상의 차례였다 (Table 1). TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸었을 때, 파일이 작아져도 해부영상을 비롯한 다른 연속절단면영상의 화질이 많이 나빠지지 않았다 (Fig. 1).

실행 파일을 실행해서 소프트웨어를 열면 소프트웨어의 윈 칸에 단추와 두루마리막대 등이 나타났고, 오른 칸에 연속절단면영상이 나타났다. 윈 칸에 '도움말 톱막 (Toggle of tiptool text)' 단추, '두루마리막대', '영상 번호', '이어서 위로 (Continuously upward)' 단추, '위로 (Upward)' 단추, '아



Fig. 3. By clicking 'Upward' button (left), a next upward image is displayed (right).



Fig. 4. By clicking 'Continuously upward' button (left), serial upward images are displayed (center and right).



Fig. 5. By clicking the 'Scroll bar' (left), exact corresponding image (right) is appeared.

래로 (Downward)' 단추, '이어서 아래로 (Continuously downward)' 단추가 차례대로 나타났다. 단추와 두루마리막대 등이 알맞은 차례대로 나타났고, 각 단추의 생김새가 쓰임새에 들어맞았기 때문에 소프트웨어를 쉽게 익힐 수 있었다. 오른쪽 칸의 위 부분에 해부영상이 크게 나타났고, 아래 부분에 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상이 작게 나타났다. 소프트웨어의 초기 화면에 연속절단면영상 1,702 별 (0000, 0005, ..., 8505)의 한가운데인 연속절단면영상 4250이 나타났다 (Fig. 2).

소프트웨어에서 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상이 언제나 서로 들어맞았다 (Fig. 2). 사용자가 보고 싶은 연속절단면영상을 찾기 위해서는 연속절단면영상

의 높이, 즉 연속절단면영상의 번호만 정하면 되었으며, 이를 위해서 다음 방법 중에서 사용자의 목적에 맞고, 사용자에게 편리한 것을 골라서 쓸 수 있었다.

'위로' 단추에 마우스 포인터를 놓으면 마우스 포인터의 풍선 도움말에 'Upward'가 나타났으며, 이 때 마우스 단추를 클릭하면 연속절단면영상 4250이 4245로 바뀌었다. 즉 '위로' 단추를 누르면 시신의 위에 이웃한 연속절단면영상이 나타났다. 이와 함께 저절로 '영상 번호'가 4245로 바뀌었고, 두루마리막대의 빨간 선이 위로 옮겨졌다 (Fig. 3). 거꾸로 '아래로' 단추를 누르면 시신의 아래에 이웃한 연속절단면영상이 나타났다. 소프트웨어의 단추를 누르는 대신에 컴퓨터 자판의 '위화살(↑)' 단추를 누르거나 '아래화살

(↓) 단추를 눌러도 이웃한 연속절단면영상이 나타났다. 컴퓨터 자판의 'Page Up' 단추를 누르거나 'Page Down' 단추를 누르면 열째 위의 연속절단면영상이 나타나거나 열째 아래의 연속절단면영상이 나타났다.

'이어서 위로' 단추를 누르면 연속절단면영상 4245이 4240, 4235 등으로 이어서 바뀌었다. 즉 '이어서 위로' 단추를 누르면 시신의 위에 이웃한 연속절단면영상이 이어서 나타났다. '이어서 위로' 단추를 다시 누르면 이어서 나타나는 것이 멈추었다(Fig. 4). 거꾸로 '이어서 아래로' 단추를 누르면 시신의 아래에 이웃한 연속절단면영상이 이어서 나타났고, '이어서 아래로' 단추를 다시 누르면 이어서 나타나는 것이 멈추었다.

두루마리막대의 어느 높이에 마우스 포인터를 놓으면 이 높이에 있는 연속절단면영상의 번호(1025)가 마우스 포인터의 풍선 도움말에 나타났으며, 이 때 마우스를 클릭하면 연속절단면영상 1025가 나타났다(Fig. 5). 두루마리막대에 마우스 포인터를 놓고 클릭한 채로 끌면 연속절단면영상이 이어서 나타났다.

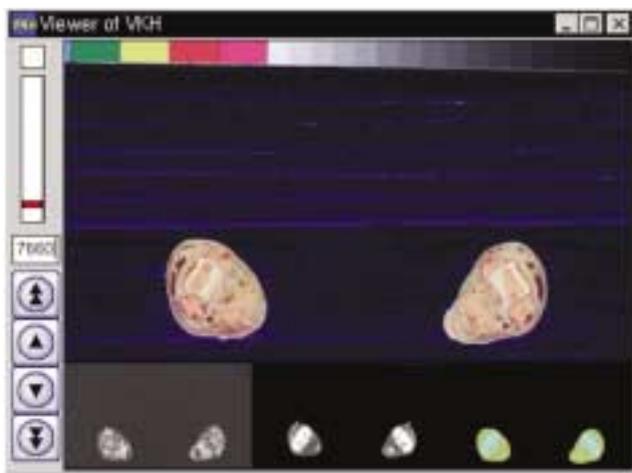


Fig. 6. Serially sectioned images matched by numbering on the 'Image number'.

'영상 번호'에 7660을 타자 치면 연속절단면영상 7660이 나타났다. 이웃한 숫자인 7658, 7659, 또는 7661, 7662를 타자 쳐도 연속절단면영상 7660이 나타났다(Fig. 6).

자기공명영상을 마우스 포인터로 끌어서 해부영상에 놓으면 자기공명영상과 해부영상의 위치가 바뀌었으며, 이 결과로 자기공명영상이 크게 나타났고 해부영상이 작게 나타났다. 이어서 컴퓨터단층사진을 끌어서 자기공명영상에 놓으면 컴퓨터단층사진과 자기공명영상의 위치가 바뀌었다. 이처럼 네 영상 중에서 관심 있는 것을 크게 볼 수 있었다(Fig. 7).

해부영상의 해부구조물에 마우스 포인터를 놓으면 이 해부구조물의 이름이 마우스 포인터의 풍선 도움말에 나타났다. 같은 방법으로 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상의 해부구조물에 마우스 포인터를 놓으면 이 해부구조물의 이름이 나타났다(Fig. 8). 해부구조물의 이름을 나타낼 수 있는 것은 구역화영상에 있는 해부구조물의 빛깔을 참조하였기 때문이다. 따라서 구역화한 해부구조물만 이름을 나타낼 수 있었다(Table 2).

소프트웨어에서 체형이 표준에 가까운 한국 사람의 연속절단면영상을 둘러볼 수 있었고, 단추의 이름과 해부구조물의 이름을 영어로 볼 수 있었다(Figs. 3, 4, 8).

소프트웨어에서 연속절단면영상의 범위가 머리 끝에서 발 끝까지였고, 연속절단면영상의 간격과 화소 크기가 1 mm 이하였기 때문에 온몸에 있는 해부구조물 중에서 1 mm보다 큰 것을 모두 둘러볼 수 있었다(Figs. 3-8).

소프트웨어에서 연속절단면영상이 실시간에 나타났는데, 이것은 연속절단면영상의 파일 크기를 줄였기 때문이다(Table 1). 연속절단면영상이 더 빨리 나타나게 할 수 있었는데, 이 방법은 다음과 같았다. 첫째로 마우스 포인터를 오른 간의 아래 부분에 있는 해부영상에 놓고 클릭하면 해부영상이 사라졌으며, 같은 방법으로 아래 부분에 있는 세 연속절단면영상이 모두 사라지게 할 수 있었다. 그러나 위 부분에 있는 연속절단면영상은 사라지게 할 수 없었다(Fig. 9). 마우스 포인터를 사라진 연속절단면영상의 자리에 놓고

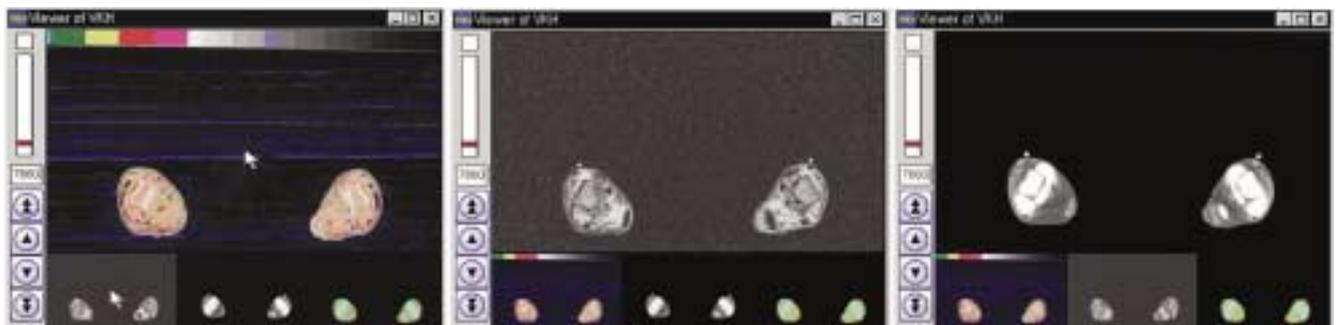


Fig. 7. By dragging MR image to anatomical image (left), enlarged MR image is replaced with the anatomical image (center); subsequently, enlarged CT image is replaced with MR image (right).



Fig. 8. Name of the anatomical structure displayed on anatomical image (left), CT image (center), and segmented image (right) by harboring mouse pointer.



Fig. 9. From the original form (left), anatomical image is vanished (center) and lonely CT image remains with the other images vanished (right).



Fig. 10. Original segmented image (left) and segmented image in which anatomical structures are segmented in detail (right).

클릭하면 연속절단면영상이 다시 나타났다. 둘째로 ‘도움말
 똑딱’ 단추를 누르면 (Fig. 2), 단추의 이름 또는 해부구조물
 의 이름이 나타나지 않았다. 셋째로 소프트웨어의 창을 작
 게 만들면 창의 크기에 맞추어서 연속절단면영상이 컴퓨터
 화면에 작게 나타났다.

고 찰

이 연구의 목적은 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨

어를 만들어서 절단해부학과 자기공명영상, 컴퓨터단층사진
 을 익히는 데 도움을 주는 것이다. 이 연구에서 만든 소프트
 웨어는 연속절단표본, 사진책, 외국에서 만든 소프트웨어
 등의 다른 교육 자료보다 더 큰 도움을 줄 것으로 기대되
 며, 그 까닭은 다음과 같다.

이 연구에서 만든 소프트웨어는 파일이 작기 때문에
 (Table 1), 오프라인으로(씨디 타이틀 1개) 쉽게 얻거나 온
 라인으로(anatomy.co.kr) 쉽게 얻을 수 있다. 게다가 소프트
 웨어가 공짜이고, 소프트웨어를 마음껏 복사할 수 있기 때
 문에 더 쉽게 얻을 수 있다.

소프트웨어의 파일이 작은 까닭은 해부영상과 구역화영상의 간격을 0.2mm에서 1mm로 늘렸고, 화소 크기를 0.2mm에서 0.5mm로 늘렸기 때문이다(Table 1).

해부영상과 구역화영상의 간격과 화소 크기를 늘려도 소프트웨어에서 절단해부학을 익히는 데 별 문제가 없다. 소프트웨어에서 모든 연속절단면영상의 간격이 1mm이고, 해부영상의 화소 크기(0.5mm)가 1mm보다 작고, 자기공명영상과 컴퓨터단층사진의 화소 크기가 1mm이다(Table 1). 따라서 소프트웨어에서 1mm보다 큰 해부구조물을 모두 둘러볼 수 있다(Figs. 3-8). 특히 해부영상을 1mm 간격으로 이어서 보면 해부구조물의 입체 생김새를 따지면서 해부학을 복습하는 데 도움이 될 것이다(Fig. 4).

소프트웨어의 파일이 작은 다른 까닭은 연속절단면영상을 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸면서 파일 크기가 8%로 줄었기 때문이다. TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꿀 때 구역화영상의 파일이 상대적으로 가장 작아졌고, 그 다음은 해부영상, 컴퓨터단층사진, 자기공명영상의 차례였다. 구역화영상과 해부영상의 파일이 컴퓨터단층사진과 자기공명영상보다 더 작아진 것은 구역화영상(빛깔 8 bits color)과 해부영상(빛깔 24 bits color)에는 다양한 빛깔이 있고, 컴퓨터단층사진과 자기공명영상(빛깔 8 bits gray)에는 회색 빛깔만 있기 때문이다. 영상에 다양한 빛깔이 있으면 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꿀 때 다양한 빛깔을 적은 빛깔로 단순하게 만들면서 파일 크기를 더 줄일 수 있다. 구역화영상의 파일이 해부영상보다 더 작아진 것은 구역화영상에 같은 빛깔이 많기 때문이다. 영상에 같은 빛깔이 많으면 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꿀 때 같은 빛깔의 정보를 단순하게 저장하면서 파일 크기를 더 줄일 수 있다. 컴퓨터단층사진의 파일이 자기공명영상보다 더 작아진 것도 컴퓨터단층사진에 같은 빛깔이 많기 때문이며, 보기를 들면 뼈가 모두 흰 빛깔로 나타나고, 공기가 모두 검은 빛깔로 나타나는 것이다(Fig. 9)(Table 1).

연속절단면영상을 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸어도 소프트웨어에서 절단해부학을 익히는 데 별 문제가 없다. 화소의 빛깔을 결정하는 것은 색상, 채도, 명도이며, 색상과 채도를 결정하는 것은(빨강값, 초록값, 파랑값)의 비율이고, 명도를 결정하는 것은(빨강값, 초록값, 파랑값)의 합계이다. 보기를 들어서 TIFF 파일에서 이웃한 두 화소의(빨강값, 초록값, 파랑값)이(1, 2, 3), (10, 21, 29)인데, JPEG 파일로 바꾸면(1, 2, 3), (10, 20, 30)이 된다.(빨강값, 초록값, 파랑값)의 비율이 같아지기 때문에 두 화소의 색상과 채도가 같아지는 셈이다. 그러나(빨강값, 초록값, 파랑값)의 합계는 바뀌지 않기 때문에 두 화소의 명도는 바뀌지 않는 셈이다. 이처럼 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸면 화소마다 다른 색상과 채도가 같아지면서 파일 크기를 줄이지만, 화소마다 다른 명도는 바뀌지 않는다. 이처럼 만든 JPEG 파일의 화질은

TIFF 파일보다 많이 나쁘지 않은데, 이것은 사람 눈이 화소의 색상과 채도에는 민감하지 않으나, 화소의 명도에는 민감하기 때문이다. 실제로 TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸었을 때 해부영상을 비롯한 다른 연속절단면영상의 화질이 많이 나빠지지 않았다(Fig. 1).

소프트웨어에서 서로 들어맞는 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상을 함께 둘러볼 수 있다. 네 영상이 언제나 서로 들어맞는데, 예외로 자기공명영상의 배는 다른 연속절단면영상의 배보다 훌쩍해서 들어맞지 않는다(Fig. 8). 이것은 시신을 얼리기에 앞서 자기공명영상을 만들었고, 시신을 얼린 다음에 컴퓨터단층사진을 비롯한 다른 연속절단면영상을 만들었기 때문이다(박진서와 정민석, 2004). 이 문제를 풀기 위해서는 컴퓨터에서 자기공명영상을 변형해서 다른 연속절단면영상에 들어맞게 해야 한다. 서로 들어맞는 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 함께 둘러보면 자기공명영상에서 잘 보이는 해부구조물이 있고, 컴퓨터단층사진에서 잘 보이는 해부구조물이 있다는 것을 확인할 수 있다. 서로 들어맞는 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 해부영상을 함께 둘러보면 자기공명영상과 컴퓨터단층사진에 있는 해부구조물이 무엇인지 쉽게 알 수 있는데, 이것은 해상도가 높고, 사람 몸의 본래 빛깔을 담고 있는 해부영상에서 해부구조물을 뚜렷하게 볼 수 있기 때문이다(Figs. 3-7)(Table 1). 그리고 모든 연속절단면영상에 있는 해부구조물의 이름을 보면 기본이 되는 해부구조물을 편리하게 알 수 있는데, 이것은 네 영상이 서로 들어맞기 때문에 할 수 있는 것이다(Fig. 8). 더불어 네 연속절단면영상 중에서 관심 있는 것을 크게 보면 관심 있는 것에 집중해서 익힐 수 있다(Fig. 7).

소프트웨어에서 연속절단면영상을 편리하게 찾아서 볼 수 있다. 보고 싶은 연속절단면영상을 단추로 찾아서 보거나 이어서 볼 수도 있고(Figs. 3, 4), 두루마리막대로 찾아서 볼 수도 있고(Fig. 5), 영상 번호로 찾아서 볼 수도 있고(Fig. 6), 컴퓨터 자판으로 찾아서 볼 수도 있다. 이처럼 연속절단면영상을 찾아서 보는 여러 방법 중에서 자기한테 편리한 것을 골라서 쓸 수 있다. 그리고 단추와 두루마리막대 등이 알맞은 차례대로 나타나고, 각 단추의 생김새가 쓰임새에 들어맞고(Fig. 2), 마우스 포인터를 단추에 놓으면 단추의 이름이 나타나고(Figs. 3, 4), 마우스 포인터를 두루마리막대에 놓으면 영상 번호가 나타나기(Fig. 5) 때문에 소프트웨어를 쉽게 익힐 수 있다. 앞으로 연속절단면영상을 더 편리하게 찾아서 볼 수 있고, 더 쉽게 익힐 수 있는 소프트웨어를 만들기 위해서는 소프트웨어 사용자의 의견을 충분히 들은 다음에 컴퓨터 전문가와 함께 소프트웨어의 생김새(Fig. 2)와 쓰임새, 그리고 프로그램의 구조(Table 3)에 대해서 충분히 토론할 필요가 있다.

소프트웨어에서 한국 사람이고, 체형이 표준에 가까운 남

성의 연속절단면영상을 둘러볼 수 있다. 미국과 중국에서 만든 교육 자료(Toh *et al.*, 1996; Spitzer & Whitlock, 1998; Zhang *et al.*, 2004b)와 달리 이 소프트웨어에서는 한국 사람의 연속절단면영상을 둘러볼 수 있기 때문에 한국 사람을 진단해야 하는 한국의 의과대학 학생과 의사한테 더 큰 도움을 준다. 그러나 이 소프트웨어는 외국의 의과대학 학생과 의사한테도 도움을 주며, 이를 위해서 단추와 해부구조물의 이름을 영어로 볼 수 있게 하였다(Figs. 3, 4, 8). 소프트웨어를 고쳐서 단추와 해부구조물의 이름을 한글로 볼 수 있게 하면 한국의 일반인한테도 도움을 줄 것이다. 그리고 시신의 체형이 지나치게 마르거나 뚱뚱하지 않기 때문에 연속절단면영상을 둘러보면서 절단해부학을 익히기 알맞다. 그러나 이 시신은 폐렴과 지라비대(Fig. 8)가 있기 때문에(박진서와 정민석, 2004), 허파와 지라 주변의 절단해부학을 익히기 나쁘다는 단점도 있다. 그리고 남성의 연속절단면영상만 둘러볼 수 있기 때문에 여성의 생식계통을 익힐 수 없다는 단점도 있으며, 이 단점을 풀기 위해서는 여성의 연속절단면영상을 만들어야 한다.

소프트웨어에서 연속절단면영상을 실시간에 둘러볼 수 있다. 온라인으로 둘러보는 소프트웨어를 만들면 통신 속도 탓에 연속절단면영상을 실시간에 둘러보기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 오프라인으로 둘러보는 소프트웨어를 만들었다. 해부영상과 구역화영상의 간격과 화소 크기를 늘리고, TIFF 파일에서 JPEG 파일로 바꾸어서 파일 크기를 줄였기 때문에(Table 1), 연속절단면영상을 실시간에 둘러볼 수 있다. 앞으로 더 좋은 컴퓨터가 보급되면 파일이 큰 연속절단면영상도 실시간에 둘러볼 수 있을 것이다. 또한 더 좋은 정보통신망과 컴퓨터 저장매체가 보급되면, 파일이 큰 연속절단면영상도 쉽게 얻을 수 있을 것이다. 한편 이 소프트웨어에서는 연속절단면영상을 더 빨리 둘러볼 수도 있다. 이것을 위해서는 컴퓨터가 썸하는 양을 줄여야 하고, 이 방법은 소프트웨어에서 오른 칸의 아래 부분에 있는 세 연속절단면영상을 사라지게 하는 것(Fig. 9), 단추의 이름 또는 해부구조물의 이름을 나타내지 않는 것, 소프트웨어의 창을 작게 만들어서 연속절단면영상을 작게 나타내는 것이다. 이 방법을 쓰면 느린 컴퓨터에서도 연속절단면영상을 거의 실시간에 볼 수 있다.

이 연구에서 만든 소프트웨어는 절단해부학과 자기공명영상, 컴퓨터단층사진을 익히는 데 도움이 될 것이다. 의과대학 학생은 해부학을 익힌 다음에 절단해부학을 익히는 것이 알맞다. 보기를 들어서 해부학을 익힌 의과대학 학생한테 소프트웨어에서 어느 해부구조물을 찾게 하면, 의과대학 학생은 이웃한 연속절단면영상을 되풀이해서 둘러보는 동안에 그 해부구조물의 입체 생김새를 따질 것이고, 그 해부구조물과 이웃한 해부구조물의 입체 위치 관계를 따질 것이다. 이 때 해부영상을 주로 볼 것이고, 들어맞는 자기공

명영상과 컴퓨터단층사진을 참고로 볼 것이다. 이처럼 소프트웨어를 써서 절단해부학을 익히면 해부학을 복습하는 데 도움이 되고, 나아가 자기공명영상과 컴퓨터단층사진에서 정상 해부구조물이 어떻게 보이는지 깨닫는 데에도 도움이 될 것이다.

소프트웨어에 딸린 연속절단면영상은 다른 소프트웨어를 만드는 데 도움이 될 것이다. 소프트웨어를 설치하면 하위 폴더에 해부영상, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진, 구역화영상 1,702개의 파일이 생긴다(Table 1). 다른 연구자는 이 파일을 가지고 연속절단면영상을 둘러보는 소프트웨어를 새로 만들 수도 있고, 3차원영상을 가상해부하는 소프트웨어를 만들 수도 있다(박진서 등, 2004). 해부영상과 구역화영상의 간격과 화소 크기를 늘렸지만(Table 1), 이를 가지고 간단한 소프트웨어를 만드는 데에는 별 문제가 없다.

앞으로는 더 많은 해부구조물을 쉽게 알 수 있는 소프트웨어를 만들 필요가 있다. 이를 위한 첫째 방법은 연속절단면영상에서 더 많은 해부구조물을 가리키고 해부구조물의 이름을 붙인 소프트웨어를 새로 만드는 것이다. 둘째 방법은 더 많은 해부구조물을 구역화한 다음에 소프트웨어에서 구역화영상 파일과 빗갈표 파일을 바꾸는 것이며(Fig. 10)(Table 2), 이 방법은 소프트웨어를 새로 만들지 않아도 된다는 장점이 있다. 또한 앞으로는 수평 방향의 연속절단면영상뿐 아니라 이마 방향과 마루 방향의 연속절단면영상도 둘러볼 수 있는 소프트웨어를 만들 필요가 있다. 이를 위한 방법은 연속절단면영상을 부피재구성해서 3차원영상으로 만든 다음에 이마 방향과 마루 방향으로 연속절단하는 것이다(박진서 등, 2004).

참 고 문 헌

- 김이석, 정민석, 김선용, 서해영: 뇌의 생김새와 자기공명영상을 깨닫는 데 도움이 되는 컴퓨터 프로그램. *한국의학교육* 12: 21-33, 2000.
- 김이석, 정민석: 한국 사람의 시체로 만든 허파의 3차원 영상과 가상해부 프로그램. *대한해부학회지* 32: 859-868, 1999.
- 김진용, 정민석, 박진서, 안창식, 하동환, 박형선: 온몸의 연속절단면영상 만들기(둘째 보고: 해부영상을 찍고 다듬는 방법). *대한해부학회지* 35: 305-314, 2002.
- 박진서, 정민석, 김진용, 박형선: 온몸의 연속절단면영상 만들기(첫째 보고: 포매하고 연속절단하는 방법). *대한해부학회지* 35: 297-304, 2002.
- 박진서, 정민석, 신병석, 권구주: 온몸의 연속절단면영상 만들기(다섯째 보고: 3차원영상과 가상해부 소프트웨어를 만드는 방법). *대한해부학회지* 37: 175-190, 2004.
- 박진서, 정민석: 온몸의 연속절단면영상 만들기(넷째 보고: 시신을 골라서 처리하고, 자기공명영상과 컴퓨터단층사진을 찍는 방법). *대한해부학회지* 37: 157-173, 2004.
- 정민석, 김민구, 박승규: 한국 사람의 시체를 이용한 심장의 3차

- 원 가상해부 프로그램. *대한의용생체공학회지* 21: 17-22, 1999a.
- 정민석, 김이석, 김민구, 박승규: 한국 사람의 시체로 만든 허파구역의 3차원 영상과 가상해부 프로그램. *대한의료정보학회지* 5: 91-98, 1999b.
- 황성배, 정민석, 박진서, 강근용, 박형선: 온몸의 연속절단면영상 만들기 (셋째 보고: 구역화영상, 관상구역화영상, 시상구역화영상을 만드는 방법). *대한해부학회지* 36: 141-153, 2003.
- 황성배, 정민석: 뇌를 육질기로 연속절단하고 영구표본으로 만드는 방법. *대한해부학회지* 36: 479-490, 2003.
- 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.
- Cook P: Sheet plastination as a clinically based teaching aid at the University of Auckland. *Acta Anat* 158: 33-36, 1997.
- Han MC, Kim CW: Sectional Human Anatomy. Correlated with CT and MRI, 3rd Ed. Seoul, Ilchokak, 1995.
- Park JS, Chung MS, Hwang SB, Lee YS, Har DH, Park HS: Visible Korean Human. Improved serially sectioned images of the entire body. *IEEE Trans Med Imaging* 24: 352-360, 2005a.
- Park JS, Chung MS, Hwang SB, Lee YS, Har DH: Technical report on semiautomatic segmentation using the Adobe Photoshop. *J Digit Imaging* 18: 333-343, 2005b.
- Shuwei L: Atlas of Human Sectional Anatomy. Shandong, 山東科學技術出版社, 2003.
- Spitzer VM, Ackerman MJ, Scherzinger AL, Whitlock DG: The Visible Human male. A technical report. *J Am Med Inform Assoc* 3: 118-130, 1996.
- Spitzer VM, Whitlock DG: Atlas of the Visible Human Male. Reverse Engineering of the Human Body. Massachusetts, Jones and Bartlett Publishers, 1998.
- Toh MY, Falk RB, Main JS: Interactive brain atlas with the Visible Human Project data. Development methods and techniques. *Radiographics* 16: 1201-1206, 1996.
- Weiglein AH: Plastination in the neurosciences. Keynote lecture. *Acta Anat* 158: 6-9, 1997.
- Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ, Tan LW, Qiu MG, Li QY, Liao RX, Li K, Cui GY, Guo YL, Yang XP, Liu GJ, Shan JL, Liu JJ, Zhang WG, Chen XH, Chen JH, Wang J, Chen W, Lu M, You J, Pang XL, Xiao H, Xie YM, Cheng JCY: The Chinese Visible Human (CVH) datasets incorporate technical and imaging advances on earlier digital humans. *J Anat* 204: 165-173, 2004a.
- Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ: Atlas of Chinese Visible Human (Male and Female). Beijing, 科學出版社, 2004b.

Serially Sectioned Images of the Whole Body

(Sixth Report: Browsing Software of the Serially Sectioned Images for Learning Sectional Anatomy)

Jin Seo Park, Min Suk Chung*, Hubert Choe¹, Ho Young Byun¹,
Jay Hwang¹, Byeong-Seok Shin², Hyung Seon Park³

Department of Anatomy, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea,
¹Humintec Co., Ltd., Suwon, Korea

²Department of Computer Science & Engineering, Inha University, Incheon, Korea

³Korean Institute of Science Technology Information, Daejeon, Korea

ABSTRACT Sectional anatomy is the course to learn anatomical structures on the sectional planes of cadaver. The purpose of this research is to make browsing software of the serially sectioned images, which is useful not only to learn sectional anatomy but also to learn magnetic resonance (MR) images and computed tomography (CT) images.

One-thousand seven-hundred two sets of corresponding anatomical, MR, CT, and segmented images (intervals 1 mm) were selected from the serially sectioned images (horizontal direction) of a Korean male cadaver's whole body. We composed browsing software (file size 377 MBytes) of the images, which involved the following functions: The anatomical, MR, CT, and segmented images, which were always corresponding, were displayed; one of four images could be enlarged; images of interesting levels could be displayed in a real time conveniently either using software buttons, scroll bar, image number or using computer keyboard; names of the 13 anatomical structures, which were already segmented, could be displayed.

By using this software, medical students and doctors can figure out stereoscopic anatomical structures from the anatomical images to review anatomy; they can compare MR and CT images with corresponding anatomical images to easily recognize anatomical structures in the MR and CT images.

Key words : Whole body, Serially sectioned images, Sectional anatomy, Software, Anatomical images, Magnetic resonance images, Computed tomography images