

자기공명영상을 이용한 정상 소아의 뇌량 측정¹

김형섭 · 김종철 · 강용수 · 이영환 · 김영월

목 적 : 자기공명영상을 이용하여 정상 한국인 소아 뇌량의 각 부위별 평균 크기를 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법 : 자기공명영상과 신경학적 검사상 특이 소견이 없었던 15세 이하의 소아 166명(남 : 여 = 100 : 66)의 정중 시상면 T1 강조 영상에서, 대뇌 길이, 뇌량 길이, 뇌량 슬부의 두께, 뇌량 체부의 두께, 뇌량 이행부의 두께, 뇌량 팽대부의 두께 및 뇌량의 높이를 측정하고, 그 측정치를 연령과 성별에 따라 통계 처리하여 분석하였다.

결 과 : 대뇌 길이 및 뇌량 각 부위의 크기는 3세 이하에서는 비교적 빠른 성장을 보이나 연령이 증가할 수록 성장 속도가 둔화되는 경향을 보였다. 대뇌 길이, 뇌량 길이 및 뇌량 팽대부의 두께는 남녀간에 유의한 차이가 없었다. 뇌량 슬부, 체부, 이행부의 두께, 및 뇌량의 높이는 남아가 유의하게 높은 수치를 보였다. 대뇌 길이에 대한 뇌량 길이의 비는 여아에서 유의하게 높은 수치를 보였다($\alpha = 0.05$).

결 론 : 자기공명영상을 이용하여 정상 한국인 소아 뇌량 각 부위의 평균치를 측정하였는데, 이 수치는 뇌량의 형태적 변화를 진단하는데 유용한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

자기공명영상은 다면적 영상을 얻을 수 있고 조직 해상력과 대조도가 높다는 장점을 가지고 있다. 이 검사법은 뇌와 척추 병변 검사에 높은 민감도를 보이고 정상 뇌 성숙 평가를 가능케 하여 소아 신경 방사선 영역에서도 널리 이용되고 있다(1).

뇌량(corpus callosum)은 양쪽 대뇌 반구를 연결하는 가장 큰 백질 교련(white matter commissure)으로 형태가 다양하고, 외상, 종양, 선천성 이상, 혈관성 병변, 탈수초성(demyelinating) 질환, 염증성 질환 등에 의해 침범될 수 있다(2). 이 뇌량은 소아에서 선천성 및 퇴행성 뇌병변의 민감한 지침으로 알려져 있으나(3), 정상 뇌량의 성장과 모양에 대한 계측 연구는 드문 상태이다(1, 3). 국내에서도 자기공명영상을 이용한 정상 뇌량 측정이 성인에서는 보고된 바 있으나(4-6), 저자들이 아는 한, 소아만을 대상으로 한 보고는 없다.

따라서 저자들은 15세 이하의 소아를 대상으로, 자기공명영상을 이용하여 각 부위별로 뇌량을 계측하여 연령과 성별에 따른 평균치를 얻고 그 차이점을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1994년 4월부터 1997년 2월까지 본원에서 자기공명영상을 시행한 환자중, 자기공명영상에서 뇌에 형태학적 이상이 발견

되지 않았고, 정상적인 유수화(myelination)를 보였으며, 신경학적 검사상 특이 소견이 없었던 소아 총 166명(남 : 여 = 100 : 66)을 대상으로 하여, 뇌 자기공명영상에 나타난 뇌량을 후향적으로 평가하였다. 자기공명영상을 실시하게 된 임상적 적응증으로는 발열 및 경련성 질환이 51예로 가장 많았고, 두통 23예, 언어 장애 22예, 외상 21예, 행동 장애 등 정신과적 질환 16예, 안검 하수, 사시, 안통 등 안과적 질환이 9예였고, 기타 사경(head tilting), 구토, 안면 신경 마비, 약물 중독 등이 24예이었다.

평균치와 성장 양상을 알아보기 위해 연령 구분은 1세 이하와 3세 이하를 각각 한 군으로 하고 그 이후는 3년 간격으로 하였다.

사용 기기는 1.5T GE Signa Advantage (General Electric, Milwaukee, WI, USA)이었다. Acquisition matrix 256×192, field of view 22×22cm 또는 24×24cm, 절편 두께 4-5mm, 절편 간격 1-2.5mm, 여기회수(number of excitation) 1-2회로 하여, T1 강조 정중 시상면 영상에서 다음 각 부위를 측정하였다(Fig. 1). 측정 방법은 자기공명영상의 측경기(caliper)를 이용하여 가장 근접한 millimeter 단위까지 직접 계측하였다.

- 1) 대뇌 길이 : 뇌량 수준에서 대뇌의 전후 최장 길이.
- 2) 뇌량 길이 : 뇌량의 전후 최장 길이.
- 3) 뇌량 슬부의 두께 : 뇌량 슬부의 수평 최장 두께.

¹충남대학교 의과대학 진단방사선과학교실

이 논문은 1997년 1월 4일 접수하여 1997년 5월 19일에 채택되었음.

- 4) 뇌량 체부의 두께 : 뇌량 체부의 수직 최장 두께.
- 5) 뇌량 이행부의 두께 : 뇌량 이행부 윤곽의 수직 최단 두께.
- 6) 뇌량 팽대부의 두께 : 뇌량 팽대부 윤곽의 수평 최장 두께.
- 7) 뇌량의 높이 : 뇌량의 수직 최장 높이.
- 8) 뇌량 길이/대뇌 길이 : 대뇌의 전후 최장 길이에 대한 뇌량의 전후 최장 길이의 비.

뇌량의 높이는 뇌량 구부와 뇌량 슬부의 최하위점을 연결하는 접선을 기준선으로 하여 이에 대한 수직선상에서, 기준선과

뇌량 체부 최고점간의 거리로 하였다(Fig. 1C).

통계 처리는 Friedman 비모수 검정법 중 Tukey's Studentized Range Test로 성별간의 차이점과 연령간의 차이점을 알아보았다(alpha = 0.05).

결 과

정중앙 시상면 자기공명영상을 이용하여 소아 뇌량 각 부위

Table 1. Normal Value of Measurement of Corpus Callosum in Children.

Male (N = 100)

Age (Years)	No. of Patients	Brain L (cm)	CC L (cm)	Thickness of CC(mm)				CC H (mm)	C : B Ratio
				Genu	Body	TZ	Splenium		
≤ 1	17	11.4 ± 0.9	4.6 ± 0.5	4.7 ± 2.0	3.4 ± 1.1	2.5 ± 0.9	4.6 ± 1.7	17.3 ± 3.6	0.40 ± 0.02
≤ 3	22	13.6 ± 0.8	5.8 ± 0.5	9.4 ± 1.6	5.7 ± 0.8	3.7 ± 0.8	8.9 ± 1.5	22.8 ± 3.7	0.42 ± 0.03
≤ 6	18	14.1 ± 0.7	5.9 ± 0.4	9.9 ± 1.5	5.9 ± 1.3	4.1 ± 1.1	9.1 ± 2.0	23.7 ± 3.3	0.42 ± 0.03
≤ 9	14	14.4 ± 0.8	6.0 ± 0.5	10.0 ± 1.1	5.9 ± 0.8	4.0 ± 1.2	9.4 ± 1.6	25.1 ± 2.9	0.41 ± 0.02
≤ 12	12	15.0 ± 0.5	6.5 ± 0.5	10.7 ± 1.3	5.8 ± 0.8	4.2 ± 1.4	10.4 ± 1.7	24.3 ± 1.9	0.43 ± 0.02
≤ 15	17	15.2 ± 0.9	6.7 ± 0.4	10.6 ± 1.3	6.1 ± 0.7	3.9 ± 0.9	10.7 ± 1.1	25.2 ± 2.2	0.44 ± 0.02

Female (N=66)

Age (Years)	No. of Patients	Brain L (cm)	CC L (cm)	Thickness of CC(mm)				CC H (mm)	C : B Ratio
				Genu	Body	TZ	Splenium		
≤ 1	10	11.7 ± 0.9	5.1 ± 0.5	4.7 ± 2.6	3.0 ± 1.6	1.9 ± 0.7	4.4 ± 2.0	19.1 ± 3.3	0.43 ± 0.02
≤ 3	8	12.9 ± 0.7	5.6 ± 0.4	6.5 ± 1.9	4.2 ± 1.7	2.8 ± 0.9	7.2 ± 1.5	21.4 ± 2.8	0.43 ± 0.01
≤ 6	12	14.2 ± 0.7	6.1 ± 0.5	9.5 ± 1.8	5.7 ± 1.5	3.2 ± 0.9	8.8 ± 1.5	23.0 ± 3.4	0.43 ± 0.03
≤ 9	14	14.5 ± 0.5	6.3 ± 0.4	10.2 ± 1.7	6.0 ± 0.9	3.9 ± 1.0	9.9 ± 1.7	23.9 ± 1.9	0.43 ± 0.02
≤ 12	11	14.9 ± 0.6	6.5 ± 0.4	10.0 ± 1.4	5.8 ± 0.7	4.1 ± 1.1	9.5 ± 2.1	22.3 ± 3.7	0.43 ± 0.02
≤ 15	11	14.3 ± 0.9	6.3 ± 0.4	10.4 ± 1.6	5.8 ± 0.7	4.7 ± 0.9	10.4 ± 2.2	23.7 ± 1.8	0.44 ± 0.03

Measurements are presented as mean ± 1 SD.

L = length, CC = corpus callosum, TZ = transitional zone, H = height, C : B ratio = ratio of the length of the corpus callosum to the anteroposterior diameter of the brain.

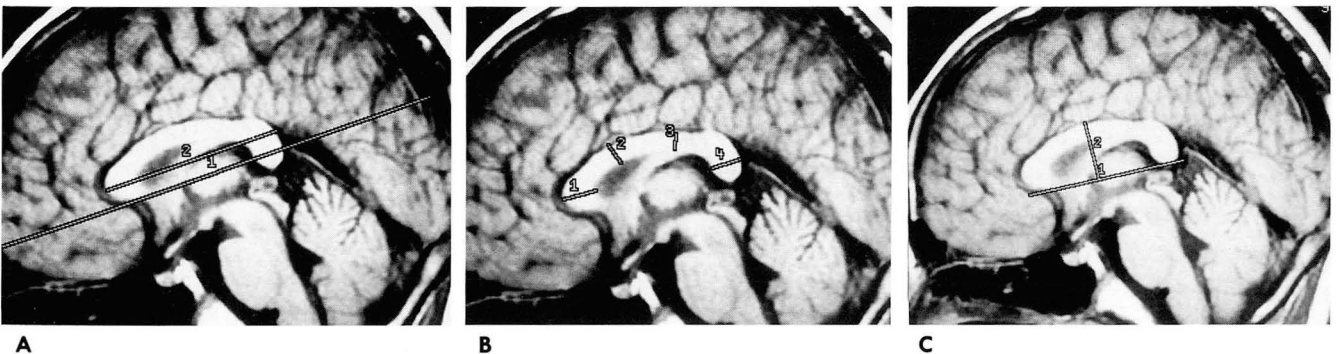


Fig. 1. Midsagittal T1-weighted spin echo MR images (TR/TE = 550/16) of a 12 year old boy show the methods of measuring various portions of corpus callosum.

- A.** 1. Maximal anteroposterior diameter of brain.
- B.** 1. Thickness of genu of corpus callosum.
3. Thickness of transitional zone of corpus callosum.
- C.** 1. Base line of corpus callosum.
2. Length of corpus callosum.
2. Thickness of body of corpus callosum.
4. Thickness of splenium of corpus callosum.
2. Height of corpus callosum.

를 측정하여 평균 계측치와 표준편차를 얻었으며 그 결과는 Table 1과 같다. 각각의 평균 계측치를 도표를 통해 보면, 1세 이하군과 3세 이하군 사이에는 비교적 빠른 성장을 보이나 연령이 증가할수록 성장 속도가 둔화됨을 볼 수 있다(Fig. 2-4).

남녀간의 차이 유무를 알아보기 위해 연령별로 층화(stratification)하여 비모수 검정(Friedman test)을 시행한 결과, 대뇌 길이, 뇌량의 길이 및 뇌량 팽대부의 두께는 남녀간에 유의한 차이가 없었다($\alpha = 0.05$). 뇌량 슬부의 두께, 뇌량 체부의 두께, 뇌량 이행부의 두께 및 뇌량의 높이는 남녀간에 유의한 차이가 있었고, 남아가 여아에 비하여 높은 수치를 보였다. 대뇌 길이에 대한 뇌량 길이의 비는 남녀간에 유의한 차이가 있었으며 여아에서 높은 수치를 보였다.

연령의 효과를 알아보기 위하여 남·녀별로 구분하여 비모수 검정을 시행한 결과 대뇌 길이를 비롯한 뇌량 각 부위의 크기는 연령에 따라 유의한 차이가 있었다.

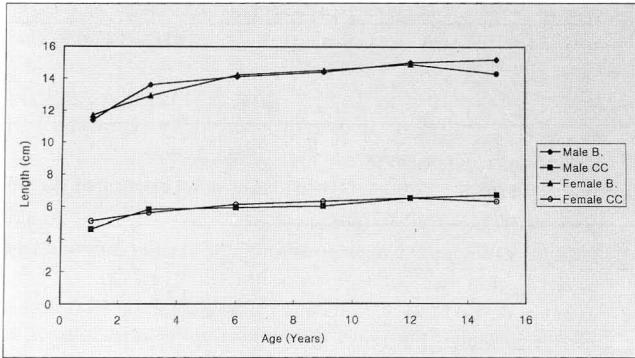


Fig. 2. Length of the brain and corpus callosum according to age and sex. The length of the brain and corpus callosum is not different according to sex. B = brain, CC = corpus callosum.

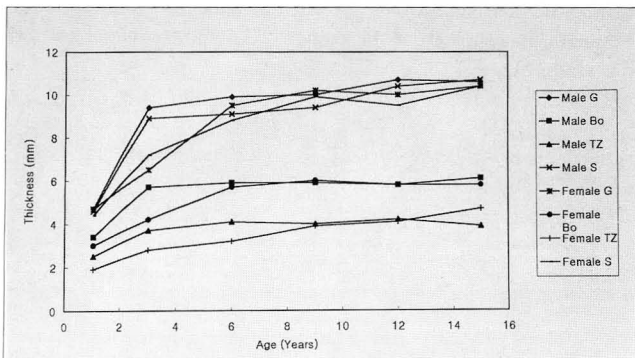


Fig. 3. Thickness of the various portions of corpus callosum. The thickness of genu, body, and transitional zone of corpus callosum is greater in male than in female, whereas the thickness of splenium is not different according to sex. G = genu of corpus callosum, Bo = body of corpus callosum, TZ = transitional zone of corpus callosum, S = splenium of corpus callosum.

고찰

뇌량은 임신 8주-20주 사이에 형성되는데(3, 7) 앞에서부터 뒤쪽으로 진행하면서 뇌량 슬부가 먼저 형성되고 뇌량 체부와 팽대부가 형성된 후 마지막에 뇌량 구부(rostrum)가 형성된다(7). 임신 18주가 되면 경질 초음파검사를 뇌량의 모든 구성 요소가 95%에서 관찰되며, 임신 말기까지 점진적인 성장을 보인다(8). 임신 20주부터 임신 말기까지 뇌량의 길이는 250%, 뇌량 체부의 두께는 30%, 뇌량 슬부의 두께는 270% 증가하고(1, 7), 뇌의 전후 최장 길이에 대한 뇌량 길이의 비는 임신 20주 내지 21주부터 임신 말기까지 비교적 일정하다(8).

신생아기의 뇌량은 균일하게 두께가 얇고 평평하다. 생후 2개월에서 생후 3개월에 걸쳐 뇌량 슬부에서 다양한 정도의 급성장이 발생하며, 생후 4개월에서 생후 6개월 사이에 뇌량 팽대부에서 급성장이 발생하여 8개월이면 정중 시상면 자기공명영상에서 성인과 동일한 모양을 보인다. 뇌량 체부는 생후 12개월까지 점진적인 성장을 보이고 뇌량의 길이는 증가하는 경향을 보인다(1). 뇌량 슬부나 뇌량 팽대부에 비해 뇌량 체부에 중요한 성장이 없는 것은 이를 구성하는 신경 섬유의 기원과 뇌의 발달과 관계된다. 모든 동물의 초기 생활에는 감각과 시력이 중요하여, 이러한 기능을 담당하는 뇌 조직이 먼저 발달하고 유수화(myelination)되며(9), 따라서 뇌량 내에서도 이러한 부위를 연결하는 섬유가 먼저 발달한다. 뇌량 체부가 더욱 서서히 자라는 것은 초기 생활에서 대뇌의 양쪽 측두엽과 두정엽을 연결하는 신경 섬유가 상대적으로 덜 중요하다는 것을 반영한다고 볼 수 있을 것이다(7).

뇌병변이 있거나 의심되는 환자에서 자기공명영상상이 많이 이용되고 있다. 뇌량이 선천성 및 후천성 뇌병변의 유용한 판단 기준으로 알려져 있어 뇌량에 관한 연구가 많이 있었으나, 소아의 정상 뇌량에 관한 계측보고는 드문 상태이었다. 정상 소아의



Fig. 4. Height of corpus callosum according to age and sex. Height of corpus callosum increases with age and the mean size is greater in male than in female.

뇌량 각 부위의 평균 측정치를 구하고, 성별과 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이점이 있는지 아는 것은 중요하다.

자기공명영상에서 뇌에 특이 소견이 없었고 신경학적 검사상 정상이었던 15세 이하의 남아 100명과 여아 66명의 뇌자기공명영상을 후향적으로 분석한 결과, 대뇌 및 뇌량의 길이와 뇌량 각 부위 두께는 다양한 수치를 보였다.

대뇌 길이는 남녀에서 10-12세 사이에 각각 15cm와 14.9cm로 자랐는데 이 결과는 정 등의 자기공명영상을 이용한 한국 성인에서의 평균 대뇌 길이 14.9cm와 비슷한 수치이었고(5), 김 등의 사체를 통한 평균 대뇌 길이 15.64cm 보다는 적은 수치이었다(6).

반면 뇌량의 길이는 13-15세에 남아에서는 평균 6.7cm, 여아에서는 평균 6.3cm를 보였는데, 이는 이 등의 한국인에서의 평균 측정치 남 68.8mm, 여 69.9mm에 97%와 90%에 각각 해당하는 수치이고, 정 등의 성인 남녀 평균 길이 71.7mm와는 차이가 있다(4, 5).

뇌량 슬부의 두께는 남녀에서 13-15세에 10.6mm, 여아에서 10.4mm를 보여, 정 등의 한국 성인에서의 평균치 11.2 mm의 약 95%에 해당하였다(5). 뇌량 체부의 평균 두께는 남아에서 2-3세에 5.7mm, 여아에서는 4-6세에 5.7mm로 한국 성인 평균 크기였고 그 이후로 큰 변화가 없었다(5). 뇌량 이행부의 평균 두께는 남아에서 7-9세에 4.0mm, 여아에서 7-9세에 3.9mm로 이 등의 한국 성인 평균 크기(4.1mm)를 보였다(4). 뇌량 팽대부의 평균 크기는 13-15세에 남아 10.7mm, 여아 10.4mm를 보였고 성인 남녀 평균 크기인 11.6mm에 92%와 89%에 각각 해당하였다(5).

뇌량은 연령군별 및 성별에 따라서 다양한 크기를 보였고 같은 군 내에서도 다양한 크기를 보여, 뇌량의 이상 유무를 판단하는 데에는 크기뿐만 아니라 모양과 신호 강도를 함께 고려해야 할 것으로 사료된다.

자기공명영상에서 뇌량 체부와 뇌량 팽대부 사이의 좁아져 보이는 이행부는 정상 소견으로 저자들은 1세 이하 신생아에서는 약 44%에서, 1세 이상에서는 약 80%에서 관찰하였고, Kogame 등은 자기공명영상에서 약 73%에서 관찰되었다고 보고하였다(10). 저자들은 뇌량 이행부의 두께가 뇌량 체부 두께의 50% 이하인 경우를 전체 소아의 21%에서 관찰하였는데

McLeod 등은 자기공명영상을 이용한 뇌량의 형태 연구에서, 전체 인구의 22%에서 뇌량 체부 두께의 50% 이상에 국소적 감쇠(focal attenuation)가 관찰되었다고 보고하였다(11).

결론적으로, 저자들은 15세 이하 정상 한국인 소아를 대상으로 뇌량 각 부위의 평균 크기를 얻었는데, 대뇌 및 뇌량의 길이, 뇌량 팽대부의 두께 등은 남녀간에 유의한 차이가 없었다. 뇌량 슬부, 체부, 이행부의 두께 및 뇌량의 높이는 남아가 여아보다 유의하게 큰 수치를 보였고, 대뇌 길이에 대한 뇌량 길이의 비는 여아가 남아 보다 큰 수치를 보였다.

참 고 문 헌

1. Barkovich AJ, Kjos BO. Normal postnatal development of the corpus callosum as demonstrated by MR imaging. *AJNR* 1988; 9: 487-491
2. Reinartz SJ, Coffman CE, Smoker WRK, Godersky JC. MR imaging of the corpus callosum: normal and pathologic findings and correlation with CT. *AJNR* 1988; 9: 649-656
3. Barkovich AJ, Norman D. Anomalies of the corpus callosum: correlation with further anomalies of the brain. *AJNR* 1988; 9: 493-501
4. 이명섭, 김명순, 박현주. 자기공명영상을 이용한 정상 뇌량 측정: 연령 및 성별 분포에 따른 비교. *대한방사선의학회지* 1992; 28(4): 527-530
5. 정건식, 전석길, 손석호, 주양구, 최태진, 이희정, 이성문. 자기공명영상을 이용한 정상 성인의 뇌량계측. *대한방사선의학회지* 1993; 29(1): 27-32
6. 김원식, 이영호, 김홍선. 한국인 뇌량에 관한 체질인류학적 연구. *체질 인류학회지* 1988; 1: 75-84
7. Rakic P, Yakovlev PI. Development of the corpus callosum and cavum septi in man. *J Comp Neurol* 1968; 132: 45-72
8. Malinger G, Zakut H. The corpus callosum: normal fetal development as shown by transvaginal sonography. *AJR* 1993; 161: 1041-1043
9. Yakovlev PI, Lecours AR. *The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain*. In Mankowski A, ed. *Regional development of the brain in early life*. Philadelphia: Davis, 1967: 3-69
10. Kogame S, Sawa S, Inoue Y, et al. MR measurement of normal brainstem cerebellum and corpus callosum on midsagittal section. *Rinsho-Hoshan (Japan)* 1989; 34: 1383-1387
11. McLeod NA, Williams JP, Machen B, Lum GB. Normal and abnormal morphology of the corpus callosum. *Neurology* 1987; 37: 1240-1242

MR Measurement of Normal Corpus Callosum in Children¹

Hyoung Sub Kim, M.D., Jong Chul Kim, M.D., Yong Soo Kang, M.D.
Young Hwan Lee, M.D., Young Wol Kim, M.D.

¹*Department of Diagnostic Radiology, Chungnam National University School of Medicine*

Purpose: To measure the mean size of the various portions of the corpus callosum in normal Korean children, using MR imaging.

Materials and Methods: Our subjects were 166 children (male:female = 100:66) aged under 15 whose findings on MR imaging and neurologic examination were normal. Using midsagittal T1-weighted imaging, we measured the length of the brain and corpus callosum, the height of the latter, and the thickness of its genu, body, transitional zone and splenium. The measurements were statistically analysed according to age and sex.

Results: Brain length and the size of the various portions of the corpus callosum tended to increase relatively rapidly during the first three years of life, but the rate of growth tended to decrease according to age. The mean length of the brain and corpus callosum and the mean thickness of the splenium of the corpus callosum did not differ according to sex. The mean thickness of the genu, body and transitional zone of the corpus callosum was greater in males than in females. The ratio of the length of the corpus callosum to the anteroposterior diameter of the brain was significantly greater in females than in males ($\alpha = 0.05$).

Conclusion: Using MR imaging, we measured the mean sizes of the various portions of the corpus callosum in normal children; these values may provide a useful basis for determining changes occurring in its structure.

Index Words: Corpus callosum, MR

Address reprint requests to: Hyoung Sub Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chungnam National University School of Medicine, # 640 Daesa-Dong, Jung-Ku, Taejeon, 301-040, Korea.
Tel. 82-42-220-7333 Fax. 82-42-253-0061

1997년도 고려의대 진단방사선과학교실 연수교육

대 상 : 진단방사선과 전문의, 전공의 및 일반의

일 시 : 1997년 9월 21일 (일요일)

장 소 : 고려대학교 인촌기념관(안암 캠퍼스)

척추와 척수의 영상진단 (Imaging of the spine and spinal cord)

8 : 30 -	등 록	
9 : 00 - 9 : 30	Anatomy of the spine and spinal cord	이남준 (고 려 의 대)
9 : 30 - 10 : 10	Congenital anomaly of spine and spinal cord	김인원 (서 울 의 대)
10 : 10 - 10 : 40	Spinal vascular lesions	서대철 (울 산 의 대)
10 : 40 - 11 : 00	휴 식	
11 : 00 - 11 : 30	Infection and tumors of the spine	신명진 (울 산 의 대)
11 : 30 - 12 : 00	Intraspinal tumors	설혜영 (고 려 의 대)
12 : 00 - 12 : 20	Inflammation vs tumors in the spinal cord	최규호 (가톨릭의대)
12 : 20 - 13 : 10	점 심	
13 : 10 - 13 : 40	Spinal trauma	김정혁 (고 려 의 대)
13 : 40 - 14 : 00	Spinal cord injury	정태섭 (연 세 의 대)
14 : 00 - 14 : 20	Compression fracture : trauma vs pathology	강홍식 (서 울 의 대)
14 : 20 - 14 : 40	휴 식	
14 : 40 - 15 : 10	Clinical overview of low back pain syndrome	박정률 (고 려 의 대)
15 : 10 - 15 : 50	Imaging of degenerative disc disease	최우석 (경 희 의 대)
15 : 50 - 16 : 20	Aging spine and spinal stenosis	정은철 (성균관의대)
16 : 20 - 16 : 40	질문 및 토의	전 체 연 자

• 연수교육 책임교수 : 정규병, 연수교육 담당교수 : 김정혁

• 연수평점 : 6점

1. 신청방법 : 사전등록 - 전화, FAX, 또는 우편 이용

전화 02) 920-5657

FAX 02) 929-3796

당일등록 - 연수교육 현장

2. 수 강 료 : 전문의 및 일반의 : 5만원(당일등록 6만원)

전공의 : 3만원(당일등록 3만5천원)

사전등록마감 : 1997년 9월 20일(토요일)

3. 송금구좌 : 서울은행 고대병원지점 34204-0344819 허영미