

1.5T BRAIN MRI검사에서의 작동제어모드를 통한 두부 SAR측정과 변화인자에 관한 고찰

Implementation about measurement of the head SAR and variable parameter according to operation control mode in brain MR study with 1.5Tesla

이규수, 심현, 문지훈, 오재철¹

Kyu-Su Lee, Hyun Sim, Ji-Hoon Moon, Jae-Cheol Oh¹

Abstract - Magnetic Resonance Imaging(MRI) has become a very widely used medical procedure. Closed and open systems are typically used with static magnetic fields at or below 2 Tesla. Whole body SAR(specific absorption rate) is the value of SAR averaged over the entire body of the patient over any period of 15 minutes. Head SAR is the value of SAR averaged over the head of the patient for any period of 10 minutes. SAR is a measure of the absorption of electromagnetic energy in the body (typically in watts per kilogram (W/kg)). The normal operating mode comprises values of head SAR not higher than 3 W/kg. The second level controlled operating mode comprises values higher than 3 W/kg. Current FDA guidance limits the SAR in the whole body, including the head to a range of 1.5 to 4.0 W/kg, depending on the patient's clinical condition. SAR limit restrictions are incorporated in all MRI systems, and domestic's guidance limits the SAR in a part body, including the head to 3.2w/kg and less.

The purpose of this study is to evaluate on change of head SAR in using MRI pulse sequence and to check if exceed 3.2(w/kg) level in domestic a part exposure through measured head SAR.

23 patient's the average head SAR of pulse sequence is that T2WI sagittal is 0.5375, T2WI axial(FSE) is 0.4817, T1WI axial(SE) is 0.8179, FLAIR axial is 0.4580, GRE axial is 0.0077, Diffusion is 0.0824w/kg. The head SAR exposed per patient was proved 2.3845w/kg less than the international standard. Coefficient of correlation for the relations body weight and SAR or for the relations ETL(echo train length) and SAR is 1 value. Coefficient of correlation for the relations between TR(time to repeat) and SAR is -0.602 value. so SAR increased relative to weight body and ETL. But the relations between TR and SAR is negative definite.

key word : head SAR, SAR limit restrictions, MRI pulse sequence, ETL, TR

1. 서론

오늘날 정보통신기술의 눈부신 발달로 전파의 이용은 그 수요가 높아지고 통신, 방송분야 뿐만 아니라 의료, 교통, 주변일상생활에서 폭넓게 사용되고

있다. 이와 같이 전자, 전기 기기의 사용이 급증하면서 이들 전파 이용시설 및 기기에서 복사되는 전자파가 우리의 현대생활에 없어서는 안 될 소중한 자원이지만 인체에 나쁜 영향을 미치는 것이 아닌가 하는 불안과 의문이 제기되어 국민들을 막연한 불안감을 느끼고 있는 것이 사실이다. 인체에 영향을 미치는 전자파는 극저주파(ELF), 초저주파(VLF), 라디오파(RF) 및 마이크로파 등이다. 이러한 전자파에 대한 양적 평가는 SAR측정으로 행해지는데 SAR은 인체가 전자계에 노출됨에 따라 인체에 흡수되는 단위질량당의 흡수 전력으로 표시한다.

저자 소개

- * 이규수 : 順天大學 컴퓨터學科 碩士課程
- ** 심현 : 順天大學 컴퓨터學科 博士課程
- *** 문지훈 : 順天大學 컴퓨터學科 博士課程
- **** 오재철 : 順天大學 컴퓨터學科 教授 · 工博

자기공명영상장치에서 이용되는 공명주파수는 RF 영역에 속하며, 이 RF는 전자파의 일부분이다. 일반적으로 사용하는 주파수는 1MHz에서 100MHz 사이이며, 이는 고주파에 속한다. 라디오 주파수는 자기장내에 일정하게 회전하고 있는 수소핵의 세차 주파수와 같아 수소핵이 RF를 흡수하여 에너지를 얻을 수 있고 RF를 차단하면 흡수되었던 라디오파의 에너지를 방출하게 된다. 이것을 기초로 한 MRI는 인체 내에 존재하는 수소원자핵에서 발생되는 신호를 분석하여 각 조직과 구조물들의 공명현상의 차이를 계산하여 영상을 구성하는 것으로서 기존의 CT나 초음파에서 얻을 수 있는 없었던 연부조직 해상도를 얻을 수 있다.

앞으로 의료기술의 발전과 더불어 첨단기기의 사용은 증가될 것이며, 전자파의 노출에 무방비인 이 시점에서 자기공명장치로 진단을 행할 경우 전자파의 흡수가 얼마정도인지를 알아보기 위함이다. 최근에 펄스 시퀀스가 고속화되면서 인체에 가해지는 RF pulse의 부하로 급격하게 증가되고 있다. RF pulse의 에너지 흡수는 반복해서 RF 펄스가 가해지는 FSE pulse sequence에서 특히 문제가 될 수 있기에 본 연구를 시행하였다.

2. 대상 및 방법

2007년 2월에 순천 성가톨릭 병원에서 Brain MRI를 시행한 환자 23명을 대상으로 하였다. 사용기는 signa^R Horizon LX, 1.5T GE Medical systems 초전도체 MRI기기, head coil, Workstation: Advance 4.2p, 체중계를 이용하였다.

검사 전에 환자를 가운으로 갈아입히고 체중계에서 몸무게를 check한 후 BRAIN MR검사에 대해 충분히 설명하고 안정을 취한 후 검사를 시행하였다. Brain검사 시 사용된 펄스시퀀스는 T2WI sagittal (FSE), T2WI axial(FSE), T1WI axial(SE), FLAIR axial, GRE axial, Diffusion의 6가지방식으로 하였으며, Axial방법은 통상 sagittal T2영상(truma Pt.의 경우 T1영상)으로 Localization을 시행하여 sagittal 영상에서 AC(anterior commissure), PC(posterior commissure)에 맞춰 axial scan plane에 설정하였고, sagittal 방법은 axial영상에서 정중 시상면에 평행으로 하였다.

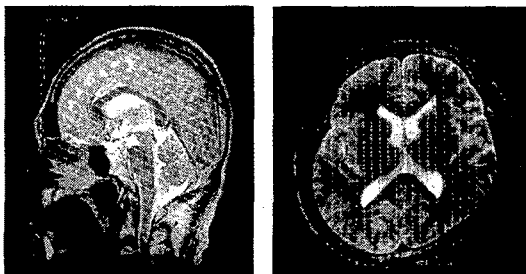


Figure 1. Localizer of Brain AXL plane and Brain

sagittal plane

각 환자별 사용된 기법의 MR parameter는 모든 환자에게 동일한 값을 사용하여 pulse sequence별에 따른 average head SAR를 측정하였다. brain MRI의 FSE(fastspin echo)pulse sequence로 sagittal T2WI기법의 scan을 시행 시 전자파인체흡수율(SAR)을 체중별로 55kg부터 74kg까지의 측정하였다. 이때 측정된 값은 평균 head SAR로 하였다. SAR은 인체의 MRI자료를 이용한 수학적 계산법인 간접 방법으로 이 장치에 setting value으로 측정하였다. 사용된 변수는 TR/TE(msec)=3790/98, 대역폭 15, matrix 256*192, NEX 2, ETL 12,slice thickness 1.6mm, FOV 23cm, scan time은 1분30초로 설정하였다. 그리고 TR을 3750msec을 기준으로 하여 4750msec까지 100msec의 증가를 주었을 때 AVR head SAR와 180°RF에 의해 발생하는 echo수인 ETL(echo train length)을 4개에서 12개로 변화 했을 때 AVR head SAR를 측정하였다.

12개의 ETL은 19장의 image를 획득하는데 필요했으며 이때 사용된 나머지 변수는 동일하다. 기준치 초과여부의 통계처리는 SPSS를 이용하여 단일 모평균 가설검정(일본표 T-검정)으로 하였으며, 그리고 인체체중, TR, ETL간의 변화에 따른 전자파 인체 흡수율(specific absorption rate)을 분석한 통계처리는 Pearson상관계수로 상관관계를 알아보았다.

3. 결과 및 결론

자기공명영상장치를 이용해 23명의 환자를 대상으로 Brain MR검사를 시행한 남녀 비율은 남자가 11명(48%), 여자가12명(52%)이었으며 연령 대는 30대가 5명(22%)으로 가장 많았다.

Table 1. Age and sex distribution

age	male	female	total(%)
11-20세	1	1	2(9)
21-30세	2	0	2(9)
31-40세	3	2	5(22)
41-50세	1	3	4(17)
51-60세	1	3	4(17)
61-70세	1	1	2(9)
71-80세	1	2	3(13)
80세 이상	1	0	1(4)
total	11(48%)	12(52%)	23(100)

MR기법에서의 average head SAR의 평균은 각각 T2 sagittal pulse sequence은 0.537, T2 axial은 0.482, T1 axial은 0.818, FLAIR axial은 0.458, GRE axial 0.008, diffusion은 0.082w/kg값으로 측정되었고, 이들을 포함한 average head SAR는 2.384

5w/kg로 Head부위의 기준치 3.2w/kg이하로 측정, 분석되었다. 그리고 체중, TR, ETL의 변화에 따른 average head SAR값을 가지고 통계처리 한 결과 체중-SAR과 ETL-SAR값의 Pearson상관계수는 1 이므로 아주 강한 양의 상관관계(정상관)가 나타나 통계적으로 유의하였으며 두 변수는 완전한 종속관계를 나타냈다. TR-SAR의 Pearson상관계수는 -0.602이어서 음의 상관관계(역상관)로 나타났으며 TR의 증가는 오히려 촬영시간이 오래 걸리는 단점이 있었다.

Table 2. relation between body weight and SAR in FSE(sagittal T2WI)

		체중	SAR
body weight	Pearson상관계수	1.000	1.000*
	유의확률(양쪽)	.	.000
	N	20	20
head SAR	Pearson상관계수	1.000*	1.000
	유의확률(양쪽)	.000	.
	N	20	20

* correlation is significant at the 0.01 level.

Table 3. relation between TR and SAR in FSE(Axial T2WI)

		TR	SAR
TR	Pearson상관계수	1.000	-.602
	유의확률(양쪽)	.	.066
	N	10	10
head SAR	Pearson상관계수	-.602	1.000
	유의확률(양쪽)	.066	.
	N	10	10

Table 4. relation between ETL and SAR in FSE(Axial T2WI)

		ETL	SAR
ETL	Pearson상관계수	1.000	1.000*
	유의확률(양쪽)	.	.000
	N	9	9
head SAR	Pearson상관계수	1.000*	1.000
	유의확률(양쪽)	.000	.
	N	9	9

* correlation is significant at the 0.01 level.

본 연구를 통해서 Brain MRI의 pulse sequence에서 전자파 인체 흡수율(average head SAR)에 영향을 미치는 주요 인자로는 인체의 체중과 RF양이었다. TR의 증가는 오히려 촬영시간이 오래 걸리는 단점이 있었다. 그리고 자기공명영상장치를 이용해 환자를 진단 시 국내에서 정한 SAR 허용기준 3.2w/kg 보다 낮은 측정치를 보였다. 전자파의 인체 유해 여부에 대한 관심이 증폭되는 현재 MRI

장비에서 방출되는 전자파를 인체가 얼마나 흡수하는지를 보여주는 수치인 SAR(전자파인체흡수율)은 허용기준치를 초과하지 않는 범위에서 기기사용자가 환자에 병변에 알맞은 펄스 시퀀스를 적당히 사용해 검사상의 전자파에 대한 영향을 최소화해야겠다. 그리고 고자기장 MRI System이 상용화되기에는 검사 시 2배로 증가된 RF 주파수에 의한 전자파인체흡수율을 최소화하는 안정적 장치와 다양한 RF coil의 개발 및 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. IEEE SCC-34, Product Performance Standards Relative to the Safe Use of Electromagnetic Energy, June 6, 1999.
2. 백윤기. 자기공명기술학, 고문사, 1996:131-148.
3. 김현자, 박영선, 정현정. 자기공명 의료영상학, 2001; 159-179.
4. IEEE C95.1-1991, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Field, 3kHz to 300 GHz(Revision of ANSI C95.1-1992), 1992.
5. Angelone, L.M; Potthast., A; Iwaki, S; Segonne, F; Belliveau; J.W; Bonmassar, G, 2004. "Metallic Electrodes and Leads in Simultaneous EEG-MRI: Specific Absorption Rate (SAR) simulation studies." Bioelectromagnetics, Vol. 25 (4): 285-295.
6. NCRP, 1981. "Radiofrequency Electromagnetic Fields: Properties, Quantities, and Units, Biophysical Interaction, and Measurement." Bethesda, MD: National Council Radiation Protection and Measurements. Report nr 67.
7. IEC Clause 51.103. If revisions to this section of the IEC document are made, the levels specified above are to be adjusted to conform to the revised IEC levels.
8. Shellock FG, Kanal E. Policies, guidelines, and recommendations for MR imaging safety and patient management. SMRI Safety Committee. J Magn Reson Imaging. 1991;1:97-101.
9. Pride GL Jr, Kowal J, Mendelsohn DB, Chason DP, Fleckenstein JL. Safety of MR scanning in patients with nonferromagnetic aneurysm clips. J Magn Reson Imaging. 2000;12:198-200.
10. Shellock FG. MRISafety.com, 2001; -Volume 2006: Available at <http://www.mrisafety.com/>. Accessed October 5, 2006.
11. Zaremba LA. Guidance for Industry and FDA Staff: Criteria for Significant Risk Investigations of Magnetic Resonance Diagnostic Devices. U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration; 2003. Available at <http://www.fda.gov/cdrh/ode/guidance/793.pdf>. Accessed October 5, 2006.