

## 주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD) 어린이 $^{99m}\text{Tc}$ -ECD Brain SPECT Image의 SPM을 이용한 분석

동남보건대학 방사선과\*, 경기대학교 대학원 의학물리학과†, 아주대학교 의과대학 핵의학교실‡, 아주대학교 의과대학 정신과학교실§

박성욱\*†, 신동호†, 권수일†, 이명훈‡, 조철우‡, 윤석남‡, 오은영§

정상적인 어린이와 ADHD 질환군 어린이와의 뇌혈류 상태를 비교하기 위하여 SPECT 영상을 획득하고, 정량적 분석 방법으로 유의수준별 혈류의 증가 또는 감소가 나타나는 클러스터(cluster)의 분포변화와 증가 또는 감소율의 변화를 조사하고자 한다. 64명의 어린이 ADHD환자군과 12명의 정상군에 대하여. Multi SPECT 3 (Simens) camera를 이용하여 방사성의약품  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD를 정맥 주사후 30분에 영상을 획득하고, 뇌혈류 상태를 통계적 파라미터 지도작성법(SPM99)으로 분석하였다. 정상 어린이군에 대한 ADHD환자군의 뇌혈류 증가와 감소부위의 분포와 비교하기 위하여 통계적 유의수준  $P < 0.001$ 부터  $P < 0.05$ 범위에서 나타내었다. ADHD환자군의 뇌혈류 증가부위로 유의수준  $P < 0.003$ 에서  $P < 0.01$ 까지 대상회전에서 나타나기 시작하였으며,  $P < 0.03$ 에서 우측의 대뇌후엽,  $P < 0.05$ 에서는 소뇌 좌측상부 등 3개의 클러스터가 나타났다. 대상회전에서, 정상군에 비하여 ADHD 질환군이 평균 19.83%의 혈류증가율을 나타내었으며, 32명의 ADHD 환자는 19.83%이상 증가되었다. 대뇌 우측후엽에서는 정상군보다 평균 19.61%가 증가되었고, 환자 수는 36명이었으나, 그리고 소뇌의 좌측상부에서는 평균 18.72%의 증가율을 나타냈으며, 평균 증가율보다 더 많은 증가율을 나타내고 있는 ADHD 환자는 34명이었으나. 각각의 클러스터에서 혈류 증가율과 환자 수는 유의수준의 변화에 영향을 받지 않았다. 뇌혈류감소의 경우, 유의수준  $P < 0.002$ 에서 좌측의 대뇌전엽에서 감소를 나타내는 클러스터가 나타나기 시작하여, 유의수준  $P < 0.01$ 까지 좌, 우의 대뇌전엽, 좌측의 대뇌 전장(claustrum). 우측의 대뇌측엽 등에서 감소된 클러스터가 뚜렷하게 나타났다. 좌측의 대뇌전엽에서 정상군에 비하여 18.79%가 감소되었고, ADHD환자중 36명은 18.7%이상 감소되었다. 좌측의 대뇌 전장에서는 18.41%가 감소되었고, 33명의 ADHD환자는 18.41%이상 감소되었다. 혈류의 감소율과 환자수는 유의수준 값의 변화에 영향을 받지 않았다.

**중심단어** : 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD), 뇌혈류, SPECT, 클러스터(cluster), SPM99

### 서 론

소아정신질환의 하나인 주의력 결핍 과잉운동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder: ADHD)증은 원인이 아직 명확하지 않으며 약 3-9.5%의 어린이가 이환되어 있고,<sup>1)</sup> 남자 어린이가 여자 어린이보다 3-9배정도가 발병율이 크다.<sup>2)</sup> 이중 15-20%는 성인기까지 이 증상이 지속되고 있으며 성인에서는 남녀비가 유사하다. 우리 나라에서는 7.6%의 유병율을 보이며, 유치원 아동을 대상으로 조사한바 약 2%가, 그리고 초등학교 학생을 조사한 보고에 의하면 4-6학년

까지의 학생에서 약 4-5%의 유병율을 보이고 있다.<sup>3)</sup>

뇌질환에 대한 영상진단 방법으로, 컴퓨터단층촬영(computed tomography: CT), 자기공명영상촬영(magnetic resonance imaging: MRI)방법 그리고 방사성 의약품을 이용한 방법으로 양전자방출단층촬영(positron emission computed tomography: PET)과 단일광자방출단층촬영(single photon emission computed tomography: SPECT)을 이용한 방법 등이 이용되고 있으나 뇌의 국소혈류상태의 변화를 측정하는데 SPECT와 PET가 가장 많이 이용되고 있다. 특히 SPECT는 방사성 의약품 구입이 수월하며, 경제적인 검사비용과 간단하고 쉽게 검사 할 수 있고, 뇌혈류 상태도 잘 반영할 수 있다는 좋은 점이 있다.<sup>4,5)</sup> ADHD환자에 대한 SPECT영상검사로서 방사성의약품  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO과  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD 등이 이용되고 있다. ECD(ethylcysteinate dimer)는 HMPAO (hexamethyl propylene amine oxime)에 비하여 뇌-섭취율(uptake ratio)이 2배정도 높고, 뇌피질(gray matter)내의 분

이 논문은 2003년 5월 7일 접수하여, 2003년 6월 4일 채택됨.  
 책임저자: 박성욱, (440-714) 경기도 수원시 장안구 정자동 93  
 동남보건대학 방사선과  
 Tel : 031)249-6402, Fax : 031)249-6400  
 E-mail : sopark@dongnam.ac.kr

박성욱 외 6인 : 주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD) 어린이  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD Brain SPECT Image의 SPM을 이용한 분석

포가 많으며, 75%정도가 신장을 통하여 소변으로 배설되고, 영상기록시간이 짧아 많이 이용되고 있다.<sup>6)</sup>

ADHD환자에 대하여 PET를 이용한 뇌조직의 포도당 (glucose) 대사측정에서 양측대뇌의 포도당대사가 많이 저하 된 것을 보고한 바 있으며, SPECT를 이용한 뇌혈류 영상을 비롯하여 뇌질환 및 기능을 평가하기 위한 검사가 많이 시행 되고 있다. 그러나 어린이 ADHD환자에대한 SPECT뇌혈류 영상을 통계학적 매개변수 지도작성법(statistical parametric mapping : SPM)으로 분석한 예는 많지 않은 실정이다. 유의 수준의 설정에 따라 나타나는 혈류의 증가 또는 감소부위를 나타내는데 의미 있는 클러스터(cluster)의 크기와 숫자의 변화는 매우 큰 편이고, 이것은 의미 있는 해부학적 부위가 진단기준에서 제외되는 결과를 동반하게 된다.

이미 보고된 ADHD환자에 대한 뇌혈류상태와 대사상태에 있어 그 결과는 다양하게 발표되고 있다.

본 연구에서는 유의수준의 변화에 따라, 정상군과 ADHD 군간의 뇌혈류의 증가와 감소를 나타내는 클러스터에 대한 정량적 분석을 통하여 어린이 ADHD환자의 뇌혈류 상태에 대한 진단정보를 제공할 수 있게 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 대상

정신과 분류에 의하여 다른 정신과적 질환이 없는 어린이 ADHD질환군 64명(4-15세, 평균연령  $8.03 \pm 2.57$ 세, M/F: 52/12)과 정상군 12명(6-17세, 평균연령 :  $9.42 \pm 3.37$ 세, M/F: 8/4)으로 질환군과 정상군간 비교분석 하였다.

### 2. SPECT 영상획득과 재구성

Multi SPECT 3(Siemens, Germany) camera와 고분해능 Fan beam collimator를 이용하고, 검출기(detector)를 360° 회전하면서, 40회의 투사로 64 frame의 단면영상을 수집하였다. 화소의 크기는  $2.897 \times 2.897$  mm로 하였으며  $128 \times 128$  matrix로 기록하였다. Butterworth filter(cut-off frequency: 0.4 cycle/pixel, order:5)를 사용하여 역과역투영(filtered back projection)방법으로 영상을 재구성하였으며, Chang의 방법으로 감쇠보정하였다. 방사성의약품  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD (ethylcysteinate dimer) 0.33 mCi/Kg을 환자의 정맥내로 주사하고 30분후 영상을 획득하였으며, 영상을 획득하는 동안 환자의 움직임을 방지하고 뇌혈류의 균등성을 확보하기 위하여 환자는 잠을 재운상태에서 앙와위(supine)를 유지하였다.

### 3. SPM99를 이용한 영상분석

영상분석은 Matlab(Mathworks, Inc. USA)을 이용하여 SPM99 (university college of London, UK) program에서 실행하였다. 개개인의 SPECT뇌혈류 영상을 MNI (Montreal Neuological Institute, McGill University, Canada)에서 제공하는 표준 MNI templet 위에 일정하게 공간정규화(normalization)시키고, 신호/잡음비의 향상과 공간정규화 과정에서 보정되지 않은 부분을 보정하기 위하여, FWHM 16 mm의 Gaussian kernel를 선정하여 중첩적분을 통한 평활(smoothing)처리를 하였다.

뇌전체의 평균혈류의 80%를 한계치(threshold level)로 정하여 80%이상되는 부위를 뇌피질로 가정하고, 정상군에 대한 ADHD질환군의 뇌혈류 증가와 감소를 나타내는 화소(pixel)에 대하여 SPM 99 프로그램에서 ANCOVA(analysis of covariance)를 이용한 t-검증을 실시하였다.

본 연구에서 혈류의 분포상태를 통계적 유의수준  $P < 0.001$ 부터  $P < 0.05$ 까지, 어린이 ADHD환자의 뇌혈류 증가부위와 감소부위를 나타내는 클러스터의 크기와 분포에 대하여 분석하였으며, 각각의 클러스터에서 정상군의 평균 혈류율에 대한 ADHD질환군의 혈류량을 SPM99프로그램의 BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent effect) data plotting 을 이용하여 각 좌표에 대해 환자들간의 결과를 상대적 계수로 나타내어 혈류의 증가율과 감소율을 산출하였고, 이때의 환자수 분포에 대하여 정량적인 분석을 실시하였다.

### 결과 및 토의

ADHD 질환에 대하여 SPECT영상을 SPM을 통한 분석이 많이 이루어진 바는 없으며, Lou 등<sup>8)</sup>은 방사성의약품  $^{133}\text{Xe}$  gas를 이용한 SPECT 뇌혈류의 분석에서 우측의 선조체(striatum)에서 혈류가 감소되었으며 우측 감각운동 피질의 혈류 증가를 보고한 바 있다. 그리고 Zametkin 등<sup>9)</sup>은 ADHD환자에 대하여 처음으로 PET를 이용한 분석에서, 양측뇌에서의 포도당(glucose)대사가 확실하게 감소되고 있음을 보고하였다. 성인 ADHD에서 우측의 시상(thalamus), 우측의 미상핵(caudate nuclei)과 우측의 해마(hippocampus)에서 혈류감소를 보고하였으며, 1993년에는 소년의 ADHD 경우 좌측의 시상과 우측의 해마에서 혈류감소를 보고하였다.<sup>7)</sup> Ernst 등<sup>10)</sup>은 성인ADHD 환자의 Dopamin을 이용한 PET 영상에서 뇌의 좌측과 중앙앞쪽의 대뇌피질에서 Dopamin 섭취가 감소됨을 보고하였다. Frank 등<sup>11)</sup>은 뇌 기능영상에서

어린이 ADHD 환자의 65%에서 전뇌의 앞부분에서 혈류감소를 보고한 바 있으며, Austin 등<sup>12)</sup>은 ADHD질환이 있고 과잉행동을 하는 남자 어린이에 대한 SPECT 영상에서 전뇌의 앞쪽과 후뇌의 두정부 뇌혈류분포는 좌측이 우측보다 많았다고 보고하였다. SPM을 이용한 분석으로 이명훈 등<sup>13)</sup>은 어린이 ADHD의 SPECT 영상의 SPM분석에서 뇌의 좌측엽에서 혈류량이 감소( $P < 0.01$ )된다고 보고하였다.

본 연구에서 ADHD질환의 어린이 64명과 정상군의 어린이 12명의 SPECT 영상에 대해 SPM99의 ANCOVA (analysis of covariance)를 이용한 t-검증(two sample t-test)으로 분석한 결과, 유의수준  $P < 0.003$ 부터 증가부분의 클러스터가 대상회전(cingulate gyrus)에서 나타나기 시작하여 0.01까지 나타났으며, 유의수준  $P < 0.03$ 에서는 대상회전과 우측대뇌의 후엽 등 2개 부분에서 혈류가 증가된 클러스터가 나타났고,  $P < 0.05$ 에서는 대상회전, 우측대뇌의 후엽, 그리고 소뇌의 좌측 상부 등 3개 부분에서 혈류 증가가 나타났다(Fig. 1).

ADHD환자 집단에서 유의수준에 따른 혈류에 변화를 평가하기 위하여  $P < 0.01$ 부터  $P < 0.05$ 까지의 증가율을 알아보았다. 클러스터의 크기가 가장 크게 나타난 대상회전(0, -46, 4)의 경우 유의수준에 관계없이 ADHD환자의 혈류 증가율

은 19.3-20.2% 사이였으며, 평균 19.83%가 증가되었고, 전체 64명의 ADHD환자중 32명이 평균 증가율이상의 증가를 나타내었다. 우측 대뇌후엽(16, -98, 22)의 경우 유의수준에 관계없이 혈류 증가율은 19.1-19.8% 사이였고, 평균 19.61%의 증가율로 나타났으며, 36명의 환자는 평균 혈류 증가율 보다 더 증가되었다(Table 1).

그 외 좌측의 소뇌후엽은 정상집단에 비하여 18.72%의 혈류 증가를 보였고, 34명의 환자는 평균 혈류량보다 더 증가되었다. 우측의 소뇌후엽은 18.88%의 혈류 증가와 33명의 환자가 평균 혈류량보다 많이 증가되었다.

Fig. 2는 유의수준  $P < 0.01$ 일때 대상회전(0, -46, 4)에서 국소혈류가 증가된 클러스터이며 Fig. 2. (a)는 동일좌표에서 정상군과 ADHD질환군의 평균 혈류증가율과 개개인의 혈류상태를 알 수 있도록 나타낸 것이다 Fig. 2. (b)는, 즉, 12명의 정상인 집단에서 평균혈류의 상대적 계수값이 -2.94이고, 64명의 ADHD 질환군의 평균혈류의 상대 계수가 0.57로 정상군에 비하여 ADHD환자는 19.30%의 혈류 증가를 보이고 있으며, 평균 혈류량보다 많은 증가를 보이고 있는 환자는 32명이었다. Fig. 2. (b)의 각 점들은 정상인 12명과 ADHD 환자 64명의 개인별 혈류상태를 나타낸다.

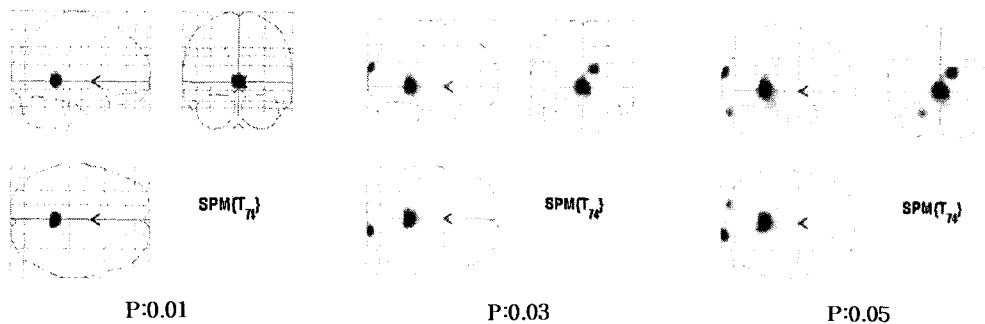


Fig. 1. Hyperperfusion rCBF images according to P-values.

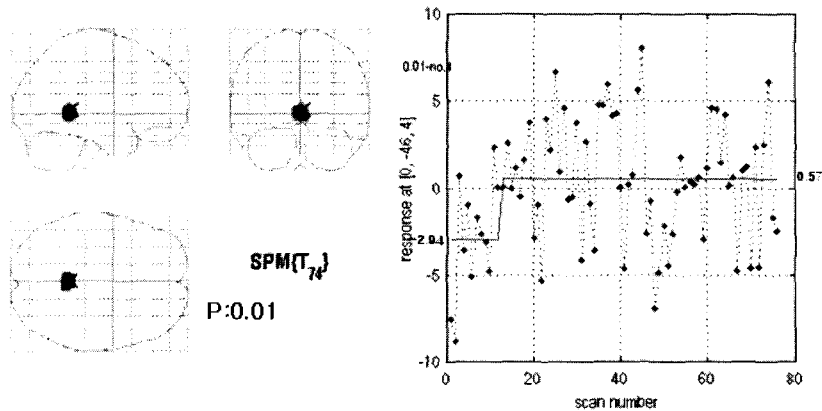
Table 1. Comparison of hyperperfusion rate in ADHD according to the probability level (p-value)

Coordinate*	P-value	Average coefficient†		Hyperperfusion rate (%)†	Number of ADHD§
		normal group	ADHD group		
0, -46, 4(대상회전)	0.01	-2.94	0.57	19.3	32
	0.03	-2.90	0.58	20.0	32
	0.05	-2.93	0.58	19.8	32
average ± SD				19.70 ± 0.36	
16, -98, 22 (대뇌우측후엽)	0.03	-1.89	0.35	19.8	36
	0.05	-1.86	0.35	19.8	36
average ± SD				19.80 ± 0.00	

\*SPM 영상에서 클러스터의 좌표, †정상군과 ADHD질환군에서 평균 혈류 계수

†유의수준별 혈류 증가율, §: 유의수준별 혈류증가 ADHD환자 수

박성욱 외 6인 : 주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD) 어린이  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD Brain SPECT Image의 SPM을 이용한 분석



a) Hyperperfusion cluster      b). Distribution of rCBF in normal and ADHD group

Fig. 2. a) SPM images and b) distribution of normal and ADHD group.

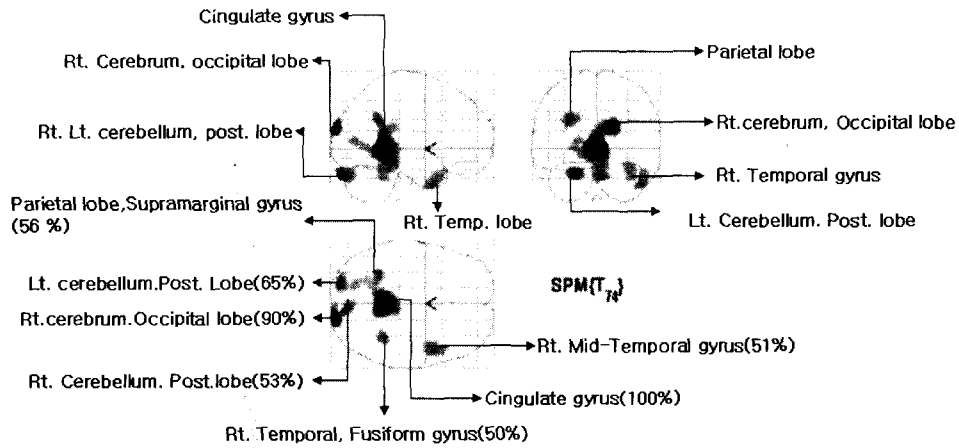


Fig. 3. Distribution of hyperperfusion rate in ADHD.

클러스터에 대한 혈류 증가율을 비교하기 위하여, 방사능 분포가 많은 대상회전의 혈류증가 농도를 100%로 기준으로, 각 클러스터에서의 국소 뇌혈류 비율은 Fig. 3과 같다. 우측의 후두부위에서는 90%, 좌측의 소뇌후엽에서는 65%, 우측의 소뇌후엽은 53% 그리고 우측의 측뇌부분에서는 50%의 혈류증가를 보이고 있다.

ADHD환자 어린이의 뇌혈류 감소부분으로 나타난 영상은 유의수준  $P < 0.002$ 에서 좌측의 대뇌 전엽아래이랑(-14,22, -12)에서만 나타났다. 유의 수준  $P < 0.003$ 에서는 혈류 감소 부위인 좌측의 대뇌전엽, 좌측의 대뇌 전장(claustrum) (-34, -20,8) 등 2개 부위가 나타났다. 유의수준  $P < 0.005$ 의 영상에서는 좌측의 대뇌 대상핵과 좌측의 대뇌전엽의 크기가 증가되어 나타났다.  $P < 0.01$ 에서는 좌측의 대뇌 대상핵과 대뇌 전엽 그리고 우측의 대뇌측엽상부와 우측의 대뇌전엽이 나타나 4개의 혈류감소 클러스터가 나타났다 유의수준  $P < 0.02$ 에서는

7개의 클러스터가, 그리고  $P < 0.03$ 에서는 8개의 혈류 감소 클러스터가 뚜렷한 대조도로 뚜렷하게 나타났다(Fig. 4).

유의수준  $P < 0.05$ 에서는 클러스터간의 대조도가 저하되어 뚜렷한 구분이 어렵지만 전반적으로 우측보다는 좌측의 측뇌와 전뇌의 피질부분에서 혈류량이 감소되고 있는 부위로 나타났다. 이것은 Frank, 이명훈 등의 보고와 일치하고 있다.<sup>11, 13)</sup>

좌측의 대뇌전엽 아래이랑(-14,22, -12)에서 정상군에 대한 ADHD질환군의 혈류는 유의수준에 관계없이 정상군 보다 평균 18.80% (18.2-19.1%)의 감소율을 나타냈으며, 36명의 ADHD환자는 평균 혈류 감소율 보다 더 감소되었다. 좌측의 대뇌 전장(claustrum)(-34, -20, 8)에서는 평균 18.42% (18.1-18.5%)의 감소율을 나타내었고 33명이 평균 감소율보다 더 감소되었다.

정상군에 대한 ADHD환자의 국소 뇌혈류의 감소비율을

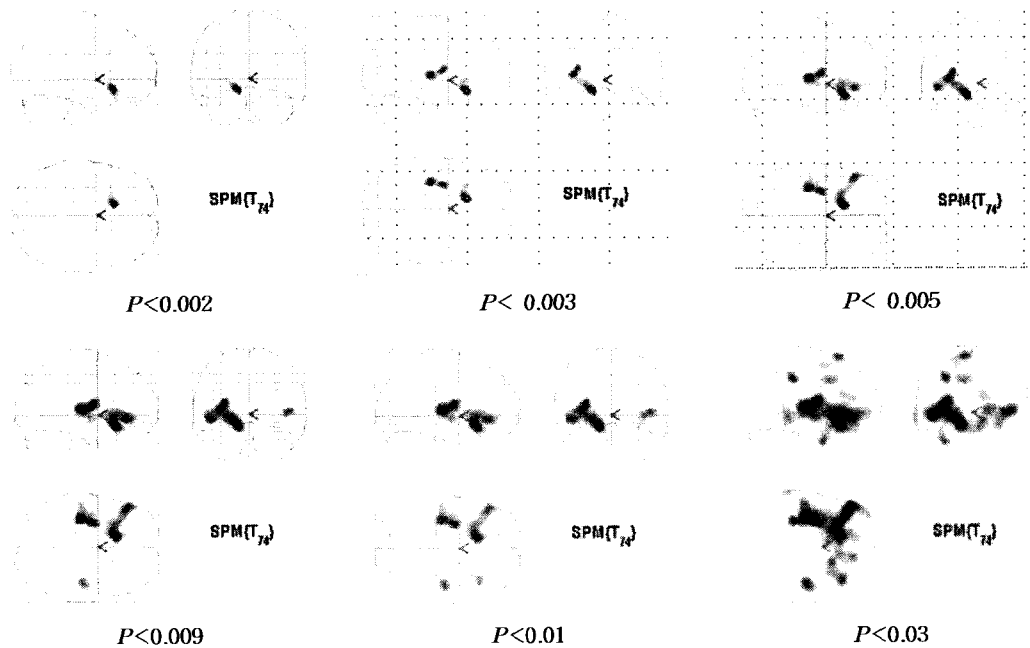


Fig. 4. Hypoperfusion rCBF images according to P-values.

Table 2. Comparison of hypoperfusion in ADHD

Coordinate*	P-value	hypoperfusion rate(%)†	No. of ADHD‡
-14,22,-12 (좌측대뇌 전엽아래 이랑)	0.002	19.1	36
	0.003	18.8	36
	0.005	19.1	36
	0.009	18.8	36
	0.01	18.8	36
	0.03	18.8	36
	0.05	18.2	36
average ±SD		18.80 ± 0.30	
-34,20, 8 (좌측대뇌 전장)	0.003	18.5	33
	0.005	18.2	33
	0.009	18.5	33
	0.01	18.1	33
	0.03	18.4	33
	0.05	18.5	33
average ±SD		18.420 ± 0.37	

\*SPM 영상에서 클러스터 좌표

†좌표에서 유의수준별 혈류 감소율.

‡유의수준별 혈류감소 ADHD환자 수

보면 Table 2와 같다

그 외 우측의 대뇌측엽(-48, 32, -4)에서 혈류 감소율은 18.4-19.0% 사이였으며, 평균 18.62% 가 감소되었고 34명의 ADHD환자는 평균감소율보다 더 많은 감소를 나타냈다. 좌측의 대뇌두정엽(-32, -34, 42)에서는 18.2-19.5%의 감소율

로, 평균 18.69% 가 감소되었고, 34명이 평균 감소율보다 더 감소되었다. 각각의 클러스터에서 감소율과 환자수는 유의수준의 변화에 영향을 받지 않았다. 유의수준  $P < 0.01$ 일때 좌측의 대뇌 전장(-34,-20,8)과 좌측의 대뇌 전엽아래 이랑(-14,22,-12)에서 정상군과 ADHD군간 혈류분포는 Fig. 5과 같다. 즉 좌측의 대뇌 전장의 평균 혈류감소율 이상 감소된 환자수는 33명이며, 좌측의 대뇌 전엽아래 이랑에서는 34명의 환자가 평균 감소율 이상 감소되고 있다.

뇌혈류 감소부위를 나타낸 영상에서 가장 감소율이 높은 좌측 대뇌 전엽아래이랑(-14, 22,-12)을 100%로 할 경우 클러스터간의 농도차이를 나타내면 Fig. 6과 같다. 즉 좌측의 대뇌전장은 84%, 우측의 대뇌측엽 상부는 76%로 나타났다

이것은 Spalletta 등<sup>5)</sup>이 ADHD 어린이 SPECT 뇌영상에서 대뇌 좌측전엽의 피질부가 우측보다 혈류가 더 감소됨을 보고한 부분과 Frank 등<sup>11)</sup>에 의한 ADHD환자에 관한 연구에서 대뇌의 전엽의 활동성이 감소된다는 이론과 일치하고 있는 부분이다. Lou 등<sup>8)</sup>은 방사성의약품  $^{133}\text{Xe}$ 을 이용한 ADHD 어린이 뇌혈류 영상에서 대뇌 전엽의 증상에 혈류량이 적고 후두부의 혈류량이 증가되었다는 보고와도 일치하고 있다.

박성욱 외 6인 : 주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD) 어린이  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD Brain SPECT Image의 SPM을 이용한 분석

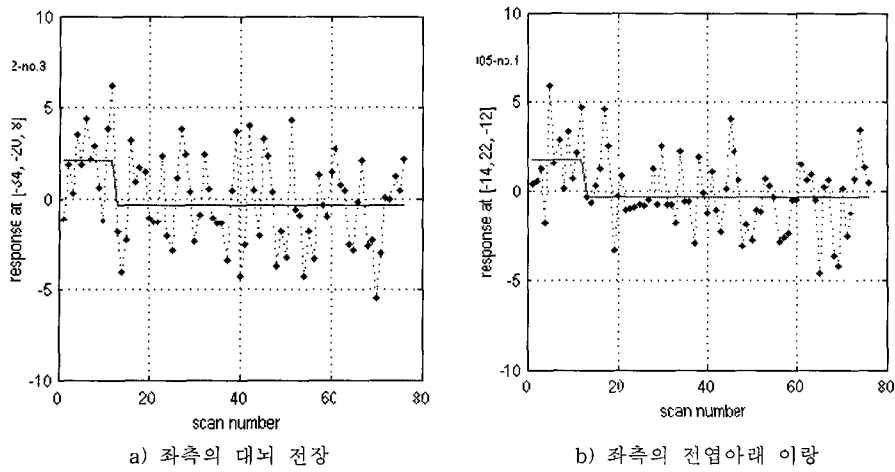


Fig. 5. Comparison of hypoperfusion area between normal and ADHD group.

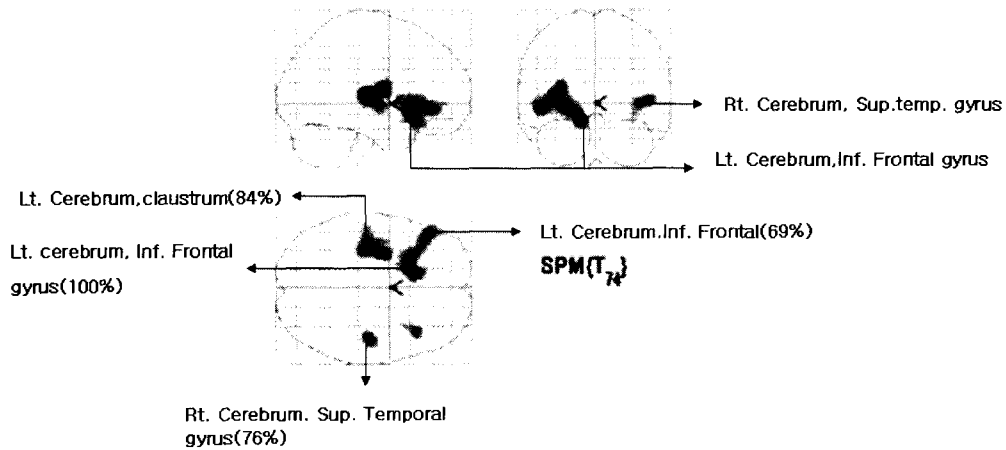


Fig. 6. Distribution of hypoperfusion rate in ADHD.

## 결론

ADHD환자에 대한 SPECT 뇌혈류영상에 대한 기존의 분석에서 주로 클러스터가 나타나는 해부학적부위를 보고하고 있다. 본 SPM99를 이용한 분석에서는 유의수준에 따라 변화되는 클러스터의 분포, 뇌혈류의 변화율 그리고 64명의 ADHD환자에서 뇌혈류가 증가 또는 감소된 환자수의 분포에 대하여 알게 되었다.

유의수준에 따라 클러스터의 크기와 위치의 변화는 다양하지만, ADHD환자의 뇌혈류의 증가 또는 감소율은 유의 수준에 관계없이 정상군에 비하여 평균 18.72-19.30%의 증가율과 평균 18.41-18.69%의 감소율을 나타내어 증가율과 감소율간의 큰 차이가 없음을 알았다. 우측의 대뇌후엽에서 혈

류가 증가한 환자가 56.3% (36명), 좌측의 대뇌 전엽에서 혈류가 감소된 환자는 56.3% (36명)으로 가장 많았으며, 환자의 숫자는 유의 수준의 변화와 관계없이 일정하였다. Apalleta G 등<sup>5)</sup>이 대뇌의 좌측전엽이 우측에서 보다 더 감소됨을 보고하고 있어, ADHD환자에 대한 일반적인 SPECT 뇌혈류 영상에서도 우측의 대뇌후엽에서의 혈류 증가와, 좌측의 대뇌전엽에서 혈류 감소는 유용한 해부학적 부위가 될 수 있음을 알았으며, 어린이 ADHD환자의 SPECT뇌혈류 영상진단에 효율성을 높일 것으로 기대된다.

그러나 유의수준에 따라 다양하게 변하는 클러스터의 분포를 알기 위한 분석에서 어려운 점은 혈류증가 부분의 경우  $P < 0.05$  이상에서도 구분이 뚜렷하게 나타나는 클러스터에 대한 판단이었다. 따라서 높은 유의수준에서 나타나는 클러스터의 유용성과 뇌혈류의 증가 및 감소분석에대한 유의수준

의 기준(standard)에 대한 더 많은 연구의 필요성을 갖게 되었다.

참 고 문 헌

1. Hale TS, Harir AR, McCracken JT: Attention-deficit/hyperactivity disorder: Perspectives from neuroimaging. *Mental Retardation and Developmental Disability Research Reviews* 6(3):214-219, (2000)
2. 조수철: 소아 정신 약물학. 서울대학교 출판, 서울 (2000), pp. 297-300
3. 조수철: 주의력 결핍. 과잉행동장애, 서울대학교 출판부, 서울(2001), pp. 1-2, pp. 43-45
4. 나영신: 뇌혈관 질환에서 SPECT와 PET의 임상적응용. *대한핵의학지* 37(1):1-12 (2003)
5. Spalletta G, Pasini A, Pau F, Guido G, Menghini L, Caltagirone C: Prefrontal blood flow dysregulation in drug naive ADHD children without structural abnormalities. *J Transm* 108:1203-1216 (2001)
6. Paul J, Early D, Sodee B: *Principles and Practice of Nuclear Medicine* 2nd. Mosby (1995), pp. 560-561
7. Zametkin AJ, Liebenauer LL, Fitzgerald GA, King AC, Minkunas DV: Brain metabolism in teenagers with attention-deficit hyperactivity disorder. *Arch Gen Phychia* 50(5):333-340 (1993)
8. Lou HC, Henriksen L, Bruhn P: Striatal dysfunction in attention deficit and hyperkinetic disorder. *Arch Neuro* 46:48-52 (1989)
9. Zametkin AJ, Nordahl TE: Cerebral glucose metabolism in adults with hyperactivity of childhood onset. *N Engl J Med* 323:1361-1366 (1990)
10. Ernst M, Zametkin AJ, Matrochik JA: DOPA decarboxylase activity in attention deficit hyperactivity disorder adults. A [Fluorin-18] fluorodopa positron emission tomographic study. *J Neurosci* 18:5901-5907 (1998)
11. Frank Y, Pavlakis SG: Brain imaging in neurobehavioral disorders. *Ped Neuro* 25(4):278-287 (2001)
12. Langleben DD, Austin G, Krikorian G, Ridlehuber HW, Goris ML, Strauss HW: Interhemispheric asymmetry of regional cerebral blood flow in prepubescent boys with attention deficit hyperactivity disorder. *Nucl Med Commun* 22:1333-1340 (2001)
13. Lee MH, Yoon SN, Oh EY, Chung YK, Hwang I, Lee DS, Lee JS: High-resolution brain SPECT imaging in attention deficit hyperactivity disorder children without comorbidity: Quantitative analysis using SPM. *대한핵의학지* 36(5):78P (P-52) (2002)

## Analysis of $^{99m}\text{Tc}$ -ECD Brain SPECT Images for ADHD in Children Using Statistical Parametric Mapping (SPM)

Soung Ock Park<sup>\*†</sup>, Dong Ho Shin<sup>†</sup>, Soo il Kwon<sup>†</sup>, Chul Woo Cho<sup>†</sup>,  
Seok Nam Yoon<sup>†</sup>, and Eun Yong Oh<sup>§</sup>

<sup>\*</sup>Department of Radiotechnology, Dongnam Health College,

<sup>†</sup>Department of Medical Physics, Kyonggi University

<sup>‡</sup>Department of Nuclear Medicine, Medical College, Ajou University

<sup>§</sup>Department of Psychiatry, Medical College, Ajou University

The purpose of this study is to evaluate the distribution of clusters and blood flow rate in ADHD SPECT brain blood flow images of children using statistical parametric mapping (SPM99). We studied 64 ADHD children (4-15 y,  $8.03 \pm 2.57$  y, male/female: 52/12) and compared them with a control group of 12 children (6-17y,  $9.42 \pm 3.37$  y, male/female: 8/4). We injected blood flow tracer  $^{99m}\text{Tc}$ -ethylcysteinate dimer (ECD) as a rCBF agent and took blood flow images after 30 min. by SPECT camera.

In the case of hyperperfusion of rCBF in the ADHD group, we found 3 clusters clearly separated at the cingulate gyrus, Rt.cerebral occipital lobe and Lt.cerebellar post. lobe, on probability level 0.05 ( $P < 0.05$ ).

Thirty-six ADHD patients with average hyperperfusion rates between 18.72-19.30% in each cluster had more increase in blood flow than the average perfusion rate at the Rt. cerebral occipital lobe. These levels were influenced by  $P$ -value. In the case of hypoperfusion in the ADHD children, 4 decreased clusters on Lt. and Rt. cerebral frontal lobe, Lt. cerebral claustrum and Rt. cerebral, sup. temporal gyrus at  $P < 0.01$  can be seen. The average hypoperfusion rates for the ADHD children were 18.41-18.69% in each cluster, which showed more hypoperfusion than the average perfusion rate at the Lt. Cerebrum inf. Frontal gyrus. The perfusion rates and the number of patients were not affected by  $P$ -value. The result of this study shows significant hyperperfusion clusters at the probability level of  $P:0.05$  and hypoperfusion clusters at  $P:0.01$ . The number of ADHD patients in each clusters and the perfusion rate were not affected by  $P$ -value.

---

**Key Words :** ADHD, rCBF, SPECT, Clusters, SPM99