

98 춘계학술발표회 논문집

한국원자력학회

## $H_2^{15}O$ 심근 PET에서 혈류분포의 비균일성과 분배계수

안지영, 신승애

이화여자대학교

서울시 서대문구 대현동 11-1

이동수, 정재민, 이명철

서울대학교

서울시 종로구 연건동 28

### 요 약

$H_2^{15}O$  PET을 이용하여 심근혈류를 측정할 때 물의 분포가 조직마다 불균일한 특성을 나타내고자 관류 가능한 조직분획(perfusable tissue index; PTI)<sup>1)</sup>의 개념을 도입한 연구가 보고된 바 있으나 PTI로는 비균일성을 정량적으로 다루지 못하였다<sup>2)</sup>. 반면에 단일 구획 모델에서 분배계수(partition coefficient:  $\lambda$ )를 변수로 추정하여 혈류분포의 비균일성을 나타낼 수 있음을 컴퓨터 모의실험으로 보인 연구가 있다<sup>3)</sup>. 이 연구에서는 이미 앞서 발표한 연구의 혈류측정 모델을 정상인 실험용 개에 적용하였으며 그 결과 혈류와 분배계수 모두가 정상 범위 안에 들어옴을 확인하였다. 또한 컴퓨터 모의실험을 통해 얻은 분배계수와 비균일성 지표인 구성비균일성(constitution heterogeneity; CH)와의 관계를 이용하여 동물실험에서 측정한 분배계수로부터 CH를 유추해 보았다.

## 1. 서론

Iida<sup>1)</sup>등이 O-15 표지 물이 심근내 빠르게 분포할 수 있는 조직 분획을 나타내기 위해 관류 가능한 조직분획(perfusible tissue index; PTI)을 소개하였고 이러한 PTI가 심근의 생존 가능성을 평가할 수 있는 지표라고 보고하였다. Herrero<sup>2)</sup>등은 PTI의 개념을 재해석하여 PTI가 심근의 생존 가능성을 나타내기 보다는 심근 혈류분포의 비균일성을 나타낸다고 보고하였다. Herrero등은 컴퓨터 모의실험으로 다양한 불균일한 심근조직의 시간-방사능곡선(time activity curve; TAC)을 구성하여 비선형 곡선접합으로 조직회수계수(recovery coefficient)를 구하고 감쇠영상에서 구한 조직회수계수를 1로 가정하여 이들의 비로 PTI를 구하였다. 그러나 Herrero등은 PTI로 비균일성을 나눌 때 이를 이분적 속성으로 다루어 비균일성과 PTI와의 관계를 표현하는데 한계가 있었다. 이러한 문제점을 해결하고자 혈류와 혈류분포의 비균일성 측정을 위한 모델을 단일구획모델로부터 다시 유도하고 비균일성을 정량적으로 표현한 연구가 있다<sup>3)</sup>. 이 연구에서는 비균일성을 정량적으로 표현하고자 구성비균일성(constitution heterogeneity; CH)을 도입하였으며, 컴퓨터 모의실험을 통하여 분배계수가 혈류분포의 비균일성을 나타낸다고 보고하였다. 이때 비균일성 지표 CH가 커질수록 분배계수가 비선형적으로 감소하였다. 또한 CH와 혈류분포의 변이계수(coefficient of variance)를 비교한 결과 일 대 다(1:multiple)의 관계를 보였으며 이는 CH가 불균일한 조직의 크기로 가중이 되었기 때문이다. 따라서 불균일한 조직의 크기까지 고려한 CH가 혈류분포의 비균일성을 표현하기 위한 지표로 적절하다. 본 연구에서는 분배계수가 혈류분포의 비균일성을 반영한다고 보고 정상 실험용 잡견에 H<sub>2</sub><sup>15</sup>O PET을 실행하여 혈류와 PTI 그리고 분배계수를 측정하였으며, 측정된 분배계수로부터 혈류분포의 비균일성을 측정하였다.

## 2 방법

정상인 실험용 잡견 4마리(18 ~ 24 kg)를 먼저 마취시킨 후 투과스캔(transmission scan)을 실시하였다. 투과스캔은 ECAT EXACT 47(Siemens-CTI, Knoxville, U.S.A)

PET 스캐너를 이용하여 Ge-68으로 20분동안 시행하였다. 그런다음 휴식기와 디피리다몰 부하기 각각에서 H<sub>2</sub><sup>15</sup>O PET 촬영을 실행하였다. 휴식기와 부하기 각각의 영상에서 입력함수를 얻기 위하여 좌심실과 심근에 관심영역을 설정하였다. 심근의 관심영역은 심장이 가장 크게 잘 보이는 횡단면과 그 앞, 뒤 횡단면을 선택하여 각각 3개씩 그려, 총 36 쌍의 휴식기-부하기의 시간-방사능곡선을 얻었다. 혈류계산에 사용한 모델은 다음과 같다.

$$C_t(t) = F_{MM} \cdot f \cdot PTI \cdot C_a(t) \otimes \exp\left[-\frac{(f \cdot PTI)}{\lambda} \cdot t\right] + (F_{BM} + F_{VM} \cdot PTI) \cdot C_a(t)$$

C<sub>t</sub>(t)과 C<sub>a</sub>(t)는 각각 영상에서 측정된 심근조직과 좌심실에서 방사능양이고, F<sub>MM</sub>는 조직회수계수, f는 혈류(ml/min/ml), λ는 분배계수, F<sub>BM</sub>은 좌심실에서 심근으로의 흘러넘침이고 F<sub>VM</sub>은 심근내 혈관에서 심근으로의 흘러넘침이다. 위의 식을 이용하여 혈류와 분배계수를 포함한 6개의 변수들을 2번 비선형 곡선적합(non-linear curve fitting)으로 구하였다. 첫 번째 곡선적합에서는 F<sub>MM</sub>, f, λ, 흘러넘침(F<sub>BM</sub> + F<sub>VM</sub> · PTI)항을 측정하였고 두 번째 곡선적합에서는 PTI, F<sub>BM</sub>, F<sub>VM</sub>을 측정하였다.

### 3. 결과

동물실험에서 얻은 혈류는 휴식기에 1.3±0.3 ml/min/g, 부하기에 4.4±1.4 ml/min/g 이었다. 또한 측정된 분배계수는 휴식기 부하기에 각각 0.92 ~ 1.01 ml/g, 0.84 ~ 1.07 ml/g 이고 PTI는 휴식기 부하기에 각각 0.91 ~ 1.0, 0.93 ~ 1.07 이었다. 컴퓨터 모의실험에서 얻은 분배계수와 비균일성과의 관계(그림 1)를 이용하여 측정된 분배계수로부터 비균일성 지표를 추정해 보면 대략 0 ~ 0.3 정도를 나타낸다.

#### 4. 결론

정상전에서 실시한  $H_2^{15}O$  PET에서 구한 혈류값과 분배 계수가 휴식기 부하기 모두 정상범위 안에서 성공적으로 계산되었다. 또한 이전의 연구<sup>3)</sup>에서 PTI는 비균일성에 영향없이 항상 1주변의 값을 유지하였는데 이번 동물실험에서도 0.9 이상의 값을 유지하였다. 분배계수는 정상 심근에 대한 값이지만 CH로 환산했을 때 0 ~ 0.3까지의 분포를 보여 혈류분포가 약간의 비균일성을 띄고 있다고 본다. 따라서 심근경색등의 심근질환이 있는 심근에서도 분배계수가 혈류분포의 비균일성을 나타낼 수 있을 것이며 이에 대한 연구도 계속되어야 한다고 본다.

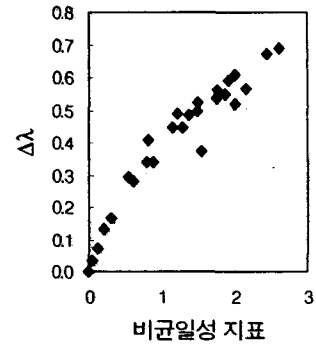


그림 1 비균일성 지표와 분배 계수와의 관계( $\Delta \lambda = \lambda_{\text{참값}} - \lambda_{\text{측정값}}$ )

#### 5. 참고문헌

1. Iida H, Kanno I, Takahashi A, Miura S, Murakami M, Takahashi K, Ono Y, Shishido F, Inugami A, Tomura N, Higano S, Fujita H, Sasaki H, Nakamichi H, Mizusawa S, Kondo Y, Uemura K: *Measurement of absolute myocardial blood flow with  $H_2^{15}O$  and dynamic positron-emission tomography: Strategy for quantification in relation to the partial volume effect.. Circulation 1988; 78:104-115*
2. Herrero P, Staudenherz A, Walsh JF, Gropler RJ, Bergmann SR: *Heterogeneity of myocardial perfusion provides the physiological basis of perfusable tissue index. J Nucl Med 1995; 36:320-327*
3. 안지영, 이동수, 김경민, 정재민, 정준기, 신승애, 이명철:  $[^{15}O-H_2O]$  심근 양전자 단층 촬영에서 혈류 분포의 비균일성과 분배계수. *대한핵의학회지 1998; 32:32-41*