

## The NMRD Profiles of Ultrasmall Superparamagnetic Iron Oxide : Computer Simulation

장용민<sup>1,2</sup> · 황문정<sup>2</sup> · 강덕식<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경북대 의과대학 진단방사선과학교실 <sup>2</sup>경북대 대학원 의공학과

**목적** : 초상자성 nano-particle 조영제의 자기이완효과에 관한 out sphere 기전에 기초하여 각각의 자기장의 세기에서 T1/T2 자기이완율을 나타내는 NMRD profile을 수치적으로 simulation 하는 프로그램을 개발하고자 하였다.

**대상 및 방법** : 초상자성 nano-particle 조영제의 경우 초상자성 물질을 생체적합성 고분자로 표면 coating하기 때문에 상자성조영제와는 달리 전적으로 "out sphere" 기여도만을 고려하였고 또한 초상자성 물질의 경우 자기적 에너지의 크기가 매우 크기 때문에 상자성 조영제의 기전에서 사용되는 "low field" 근사를 사용할 수 없으므로 Brillouin 함수로 표현되는 총자화에 대한 표현을 적용하였다. nano-particle내에 포함된 Fe 원자수에 따른 T1 및 T2 NMRD Profile과 온도에 따른 T1 및 T2 NMRD Profile 그리고 초상자성 nano-particle size에 따른 T1 및 T2 NMRD Profile을 PC (CPU=800 Mhz, memory=128 MB) 환경하에서 symbolic computation tool 인 MathCad (MathCad, USA)를 사용하여 구현하였다.

**결과** : 초상자성 nano-particle의 입자 크기에 따른 NMRD profile의 특성은 먼저 T1과 T2 모두에서 입자 크기가 작을수록 자기이완 감소가 현저해진다는 점을 볼 수 있다. 그리고 NMRD profile에서 nano-particle의 T1과 T2 에 미치는 효과를 비교하면 T2보다는 T1 효과가 상대적으로 더 크다는 사실을 알 수 있었다. nano-particle에 포함된 Fe 원자수를 500, 1000, 3000, 5000, 7000 atoms으로 변화시키며 시행한 NMRD simulation은 먼저 Fe 원자수가 증가 할수록 R1과 R2 가 증가함을 볼 수 있는데 이는 Fe 원자수가 증가하면 총자화가 증가함에 따른 것으로 해석된다. 온도변화에 따른 R1 및 R2의 변화는 정상체온 근처의 제한적인 온도범위내에서 low-field 영역에서의 아주 작은 변화를 제외하고는 큰 차이를 보이지 않았다.

**결론** : Out sphere 기전에 기초한 USPIO의 자기이완효과에 대한 이론적 모델을 제시하였고 이를 수치적으로 simulation하는 프로그램을 개발하였다.