

Eddy Current Simulation을 이용한 미세혈관 수술용 AnaFix 마이크로핀의 전류밀도 및 자기장 민감도 평가

Evaluation of Current Density and Magnetic Flux Field Sensitivity in Micro-pin of Anastomotic Device (AnaFix[®]) using Eddy Current Simulation

*#김철웅¹, 송성철², 신용훈², 지대원³

*#Cheol-Woong Kim(woong25@korea.ac.kr)¹, Sung-Chul Song², Yong-Hoon Shin², Dae-Won Gee³
¹고려대학교/(주)트리플씨메디칼, ²케이엔디티앤아이(주), ³(주)트리플씨메디칼 R&D Center

Key words : Eddy Current, Current Density, Magnetic Flux Field, Anastomotic Device, Micro-pin, AnaFix[®]

1. 서론

본 연구팀은 세계에서 두 번째로 직경 2mm 내외의 미세혈관 단-단문합(End-to-End)을 위한 기계식 미세혈관 문합장치를 개발하고, 아나픽스(AnaFix[®])라는 상표로 등록하였다. AnaFix[®]는 마이크로핀과 링으로 구성된 링-핀시스템으로 핀의 재질은 Ti-6Al-4V이 적용된다. 그러나 미세수술 후 인체 내 영구히 이식되므로 마이크로핀이 MRI 촬영시 Artifacts로 작용하여 영상 균등성 파괴를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 혈관문합률이 유리피판술(free flap)을 통해 인체 내에 영구삽입 되었을 경우를 Fig 1과 같이 시뮬레이션하여 마이크로핀에 의한 자기장의 자성밀도 및 전류밀도의 변화에 대해 평가해 보았다.

2. MRI 자기장에 따른 자성밀도 전류밀도 변화

실제 MRI에 적용되는 1T(Tesla)부터 3T까지 핀에 부하되는 자성밀도와 전류밀도를 평가한 결과 Table 1, 2와 같은 결과를 도출하였다. 자성밀도는 1T/1-pin의 경우 hand에서 가장 큰 자성밀도를 보였으며 1T/2-pin의 경우 chest에서 가장 큰 자성밀도를 나타냈다. 그러나 2T의 경우 1-pin 및 2-pin 모두 head에서 가장 높은 자성밀도를 나타냈고, 3T 역시 chest에서 1-pin 및 2-pin이 가장 높은 자성밀도를 나타냈다. 이는 frequency coil에서 발전되는 주파수의 크기에 따라 자성밀도의 최대지점이 변동되었다는 뜻이다. 전류밀도를 살펴보면 1T/1-pin의 경우 hand에서 가장 큰 전류밀도를 보였으며 1T/2-pin의 경우도 역시 hand에서 가장 큰 전류밀도를 나타냈다. 1T의 전류밀도는 1T의 자성밀도와 유사한 거동을 나타냈다. 또한, 2T의 경우 1-pin 및 2-pin 모두 head part에서 가장 높은 전류밀도를 나타냈고, 이 역시 자성 밀도와 거의 비슷한 양상으로 볼 수 있다. 3T 또한 chest에서 1-pin 및 2-pin이 가장 높은 전류 밀도를 나타냈다. 이 또한 자성밀도와 유사한 양상으로 자성밀도와 전류밀도는

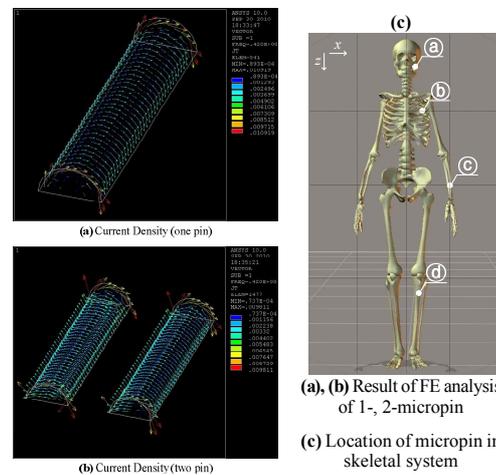


Fig. 1 Magnetic Resonance Image (MRI) machine and location of anastomotic micro-pin in skeletal system

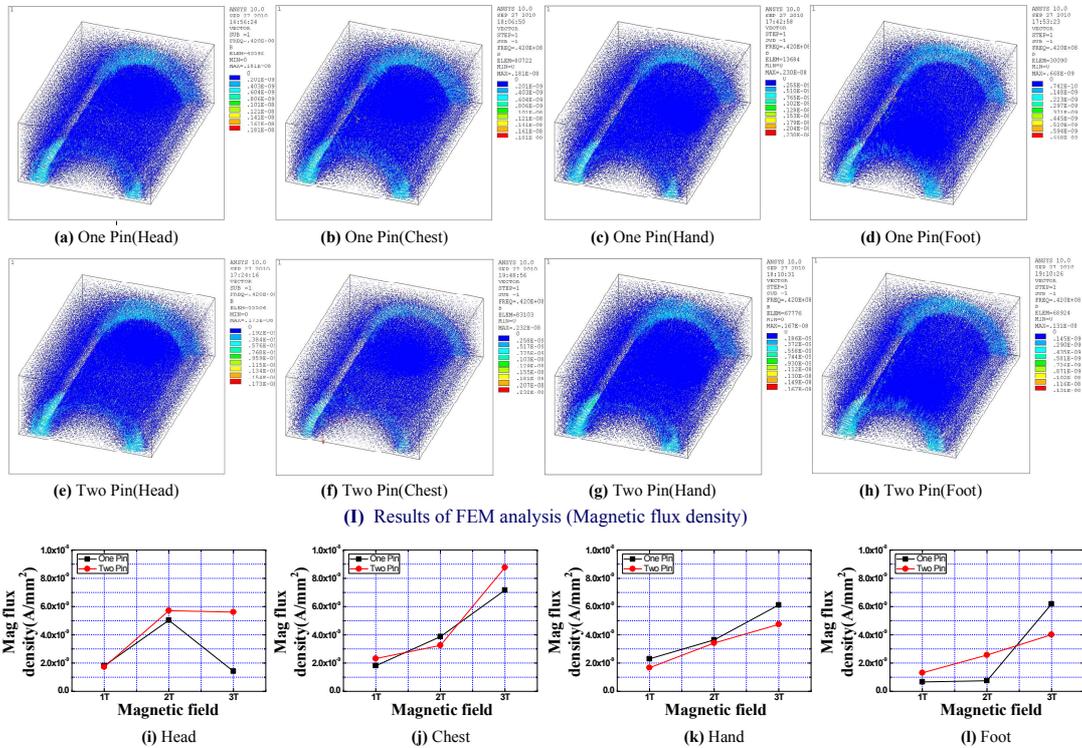
Table 1 Comparison magnetic fields magnitude in case of 1-pin and 2-pin, illustrate to value of magnetic flux density

mag. field	1-pin ($\times 10^{-9}$)				2-pin ($\times 10^{-9}$)			
	head	chest	hand	foot	head	chest	hand	foot
1T	1.81	1.81	2.30	0.668	1.73	2.32	1.67	1.31
2T	5.03	3.87	3.64	0.745	5.71	3.25	3.42	2.57
3T	1.42	7.16	6.11	6.18	5.61	8.77	4.74	4.01

Table 2 Comparison magnetic fields magnitude in case of 1-pin and 2-pin, illustrate to value of current density

mag. field	1-pin ($\times 10^{-3}$)				2-pin ($\times 10^{-3}$)			
	head	chest	hand	foot	head	chest	hand	foot
1T	7.4	10.9	12.2	4.1	7.9	9.8	11.2	8.1
2T	10.6	8.8	8.4	3.4	9.8	8.5	9.3	6.9
3T	1.6	11.2	10.7	10.5	5.7	11.1	7.7	5.9

유사비례 관계가 성립하고 있음을 알 수 있다. 이상의 내용을 Fig 2로 살펴보면, head의 경우 자성밀도는 1-pin의 경우 2T까지는 178% 증가하다가 3T에서 감소하였고, 2-pin의 경우도 230% 증가하다가 3T에서



(II) Relationship between magnetic flux density and magnetic field magnitudes

Fig. 2 Results of FEM analysis in comparative magnetic flux density vs. magnetic field in the case of 1-pin and 2-pin

2%정도 감소하였다. 전류밀도는 1-pin의 경우 2T까지는 43% 증가하다가 3T에서 562% 감소하였고, 2-pin의 경우도 1-pin과 유사하게 25% 증가하다가 3T에서 72% 정도 감소하였다. head의 경우 자성밀도와 전류밀도 모두 2T까지는 증가하였고 3T에서 감소하였다. chest의 경우 자성밀도는 3T까지 증가한다. 1-pin의 경우 2T에서 112% 증가, 3T에서 85%증가하는 것을 관찰할 수 있다. 2-pin의 경우도 1-pin과 유사하게 3T까지 증가하였는데, 2-pin의 경우 2T에서 40% 증가, 3T에서 170% 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 전류밀도에서는 1-pin, 2-pin 모두 2T까지는 감소하다 3T에서 다시 증가하였다. 1-pin은 2T에서 24% 감소, 3T에서 28% 증가, 2-pin은 2T에서 15% 감소, 3T에서 30% 증가하였다. 결국 전류밀도의 경우 1T와 3T의 값이 거의 유사하였다. hand의 경우 자성밀도는 chest와 유사하게 3T까지 증가하였다. 1-pin의 경우 2T에서 58% 증가, 3T에서 68%증가하였고 2-pin의 경우도 1-pin과 유사하게 3T까지 증가하였다. 2-pin의 경우 2T에서 104% 증가, 3T에서 38% 증가하였다. 그러나 전류밀도는 2-pin의 경우 2T에서 20%, 3T에서도 20% 계속 감소 하였지만 1-pin의 경우 2T까지는 33% 감소

하다가 3T에서 27% 오히려 증가하였다. Foot의 경우도 자성 밀도는 3T까지 증가하였다. 1-pin의 경우 2T까지는 11% 소폭 증가하지만 3T에서 730%의 대폭 증가하였고 2-pin의 경우 2T에서 96%로 증가, 3T에서 56%로 증가하였다.

3. 결론

미세혈관 수술에 적용되는 문합링용 micro-pin이 MRI System에서 자성밀도와 전류밀도에 미치는 영향에 대해 시뮬레이션 해본 결과, 자성밀도는 1T/1-pin의 경우 hand에서 1T/2-pin의 경우 chest에서 가장 큰 자성밀도를 나타냈고, 전류밀도 또한 1T/1-pin의 경우 hand에서 가장 큰 전류밀도를 나타냈다. 또한, 2T의 경우 1-pin 및 2-pin 모두 head part에서 가장 높은 전류밀도를 나타냈다. 한편, 자성밀도는 1-pin과 2-pin에서 head를 제외한 chest, hand, foot에서 전체적으로 T가 증가할수록 자성밀도는 증가하는 추세를 나타냈다.

후기

본 연구는 보건복지부 보건의료연구개발사업(미래융합 의료기기 개발사업)의 지원에 의하여 이루어진 것임.(과제고유번호 : A092140)