

객실내 인공심장박동기 및 이식형제세동기의 전자파장애에 관한 고찰

EMC Study of the Pacemaker and Implantable Cardioverter-Defibrillator in Saloon Area

공명상*

Kong, Myeong Sang

1 적용범위와 배경

각종 전동차에서 발생하는 자계의 발생을 살펴보고, 객실에서의 시뮬레이션과 측정결과를 바탕으로 인공심장박동기 및 이식형제세동기를 장착한 승객의 안전을 자속밀도에 대한 국제적인 요구사항 및 검토결과와 비교하여 이들 기준치의 안전성여부를 상세히 고찰해 보고자 한다.

2 인공심장박동기와 이식형제세동기의 개요

심장박동기는 심장의 문제를 감지하며, 심장이 규칙적이며 제시간에 박동하도록 자체의 전기 자극을 보내는 의료기기로 통상 케이스 내에 컴퓨터 칩과 작은 크기의 배터리로 구성되며 수술을 통하여 상 흉부동에 이식된다. 아래에서 대표적인 형상과 적용 예를 살펴보자.

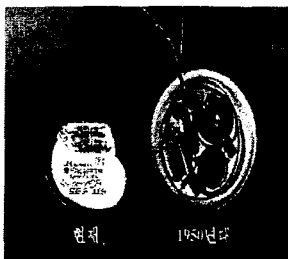


그림 1. 인공심장박동기의 형상 및 위치도

* ㈜ 로템 주임연구원 공명상

이식형 제세동기는 인공심장박동기와 매우 유사한 모양으로 인공심장박동기가 느린 심장 박동수를 증가시키는 기능을 하는 반면, 제세동기는 통상적으로 지나치게 빠른 심장박동을 정상적으로 회복시키는 역할을 한다. 이식형 제세동기는 박동생성과 전기충격을 주기 위한 배터리와 전자회로로 구성되며, 심장의 활동을 감지하며 필요 시에 심장으로 전기충격을 전달하게 된다. 아래 그림은 대표적인 제세동기의 형상과 적용 예다.

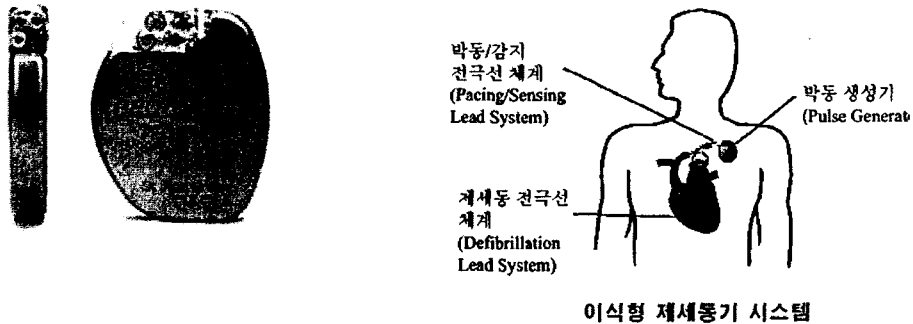


그림 2. 이식형 제세동기의 형상 및 위치도

이들 심장박동기와 이식형제세동기는 전류의 흐름에 기인하는 자계에 의하여 영향을 받을 수 있으며, 이들 전자파에 의한 영향은 심장박동기가 좀더 민감하다.

3 국제적인 전자파적합성에 대한 검토

심장박동기와 이식형제세동기의 전자파적합성에 대한 검토를 위하여 다음의 몇 가지 국제적인 기준 및 사례를 바탕으로 살펴보기로 하자.

3.1 “Magnetic Fields in British Trains, National Radiological Protection Board” 보고서

우선 영국의 NRPB 보고서에서는 객실 및 운전실등에서의 자계에 대한 기준치와 실측치를 언급하고 있다. 기준 주파수에 따라 신체에는 2 Tesla (이하에서는 T로 한다)와 팔다리에는 5T의 순간적인 최대 노출 한도 내에서 200mT의 정전자계에 24 시간 평균노출을 기본 제한으로 권고하고 있으며, 보고서의 주요내용은 다음과 같다.

도표 1. 영국 NRPB 의 자속밀도 권고표

주파수	최대 자속밀도 레벨	측정 높이
Static Magnetic Field	200 mT	허리 (600mm)
50 Hz	1.6 mT	허리 (600mm)
100Hz	0.8 mT	허리 (600mm)

상기의 기준치를 근거로 하여 최대자속밀도가 객실바닥에서 직류자계 또는 교류자계에 관계없이 1mT 이하일 경우 심장박동기 등을 포함한 인체에 예상되는 문제가 없어야 함을 알 수 있다. 그럼 여기에서 직류전동차와 교류전동차의 실측치를 영국에서의 측정결과를 가지고 살펴보기로 하자. 특별히 교류자계에서는 전원주파수(50Hz 또는 60Hz) 외에도 그 고조파성분과 과도적인 자계의 상승시간등에 대한 주의 깊은 고려가 필요하며, 아래의 측정치는 몇몇의 측정을 근거로 하여 작성된 것이다. 측정치는 최대자속밀도를 나타내고 있다.

도표 2. 영국 전동차에서 측정된 자속밀도표

	직류자속밀도	교류자속밀도	측정높이
London Underground 운전실	200uT	30uT	-
London Underground 객실	1mT	1mT	바닥
Main Line Train	15mT	15mT	바닥

3.2 “EN50061 Electromagnetic Compatibility - Safety of Implantable Pacemaker” 규격

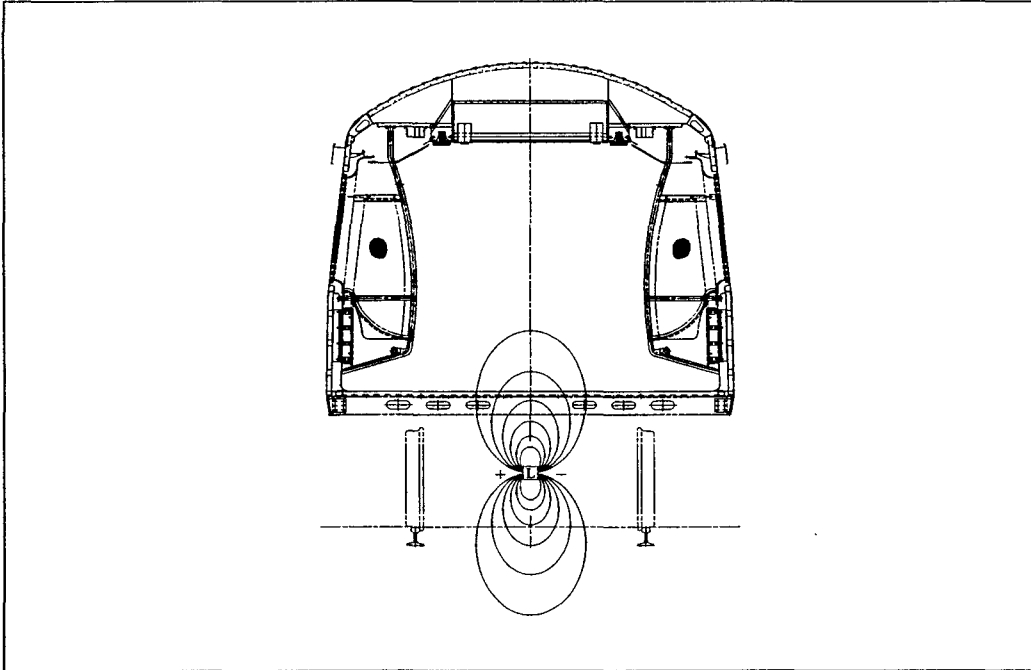
전자파적 적합성을 위하여 해당장치의 내성측면에서 이를 고려하여 보면, EN50061에서 언급된 바와 같이 인공심장박동기는 1mT의 자계에 전혀 영향을 받지 말아야 하며 자속밀도가 10mT이하인 경우에 대하여는 그 자계가 제거 시 심장박동기는 시험전과 같은 정상동작을 하여야 한다.

적합성을 검증하기 위하여 심장박동기등을 자계의 중심인 COIL내부에 위치시키고 1mT의 자계강도를 10mT까지 서서히 증가시킨다. 그리고 자계를 제거한다.

따라서 심장박동기 및 이식형제세동기는 10mT까지의 자계에 내성을 갖는 것으로 판단가능하며, 앞에서 언급한 1mT의 제한치와 비교시 상당한 안전성이 확보된 것으로 고려 할 수 있다.

4. 전자파적합성을 차량의 적용 및 대책

여기에서는 객실내의 전자파에 대한 안전을 위하여 실제 적용된 사례를 중심으로, 직류 및 교류전동차에서의 자속밀도와 이들 자계로부터의 영향을 최소화하기 위한 몇 가지 실 적용 예를 살펴보기로 하자.



4.1 직류 1500V전동차에서의 자계에 대한 검토

아래의 그림은 자계의 발생원과 그 흐름에 대한 개략도를 나타낸다.

그림3. 자계원에 의한 객실내 Magnetic Flux 흐름도

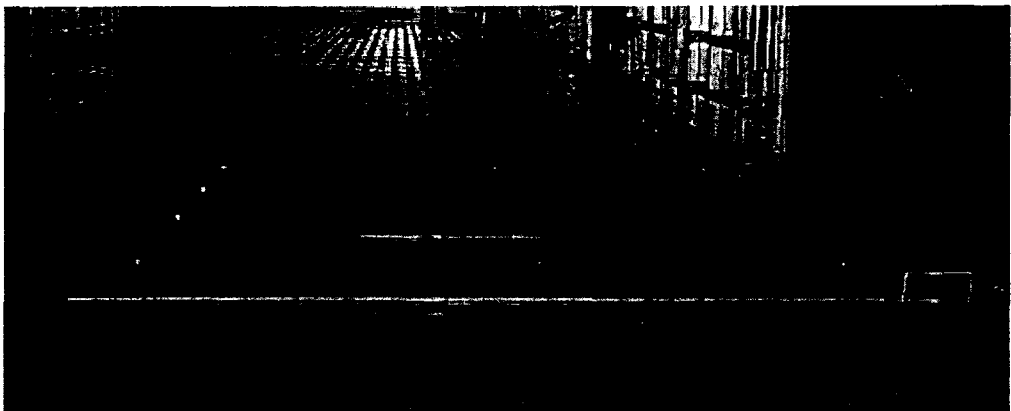


그림4. 자계감소를 위한 차폐판의 적용 예

상기의 그림4는 그림3과 같은 자계원에 의한 자속밀도를 줄이기 위하여 객실바닥에 연강을 설치하여 자속을 감소시키고 전자파에 의한 영향을 최소화 시키기 위한 적용 예를 보인다. 상기의 조사에서는 필터리액터에 기인하는 자속밀도가 객실 내에서 가장 큰 것으로 나타났으며 차폐판 설치 후 요구치 이내의 만족된 결과를 얻을 수 있었다.

도표3. 차폐판의 적용 유무에 따른 측정치의 비교표

차폐판의 종류		측정치 (mT)	요구치 (mT)
상판 (1480 x 2000)	하판 (800 x 700)	@ 차폐판 중앙	@ Floor
상판 6mm	하판 8mm	0.81	1.0 이하
상판 4.5mm	하판 8mm	1.04	
-	-	0.98	
상판 8mm	하판 8mm	0.66	
상판 9mm	하판 8mm	0.66	

4.2 교류 25kV전동차에서의 자계에 대한 검토

교류전동차에 관하여 자속밀도 조사를 위한 시뮬레이션 결과, 필터리액터에 기인하는 자속밀도가 객실 내에서 가장 큰 것으로 나타났으며, 그 결과가 1mT를 초과하므로 아래와 같은 차폐판의 설치가 고려되었다. 그러나 이 경우는 레일의 신호장치와의 적합성을 위하여 별도로 설치된 필터리액터에 기인하는 것으로 통상의 교류전동차에서는 1mT를 초과하는 강한 자속밀도는 검지되지 않는다.

도표4. 교류 25 kV 전동차에서의 차폐판의 적용예

적용	재질	치수 (mm)	중량
SHIELD PLATE 차폐판	MILD STEEL 연강	700 x 730 x 6.9 가로 세로 두께	28 kg

상기의 차폐판을 가지고 적용 유무에 따른 결과를 아래에서 비교하여 보았다. 우리는 아래표에서 차폐판의 적용에 따른 현격한 차이를 볼 수 있다.

도표5. 차폐판의 적용 유무에 따른 계산치의 비교표

측정위치	계산치(mT) (차폐판 미적용)	계산치(mT) (차폐판 적용)	요구치(mT)
바닥(Floor)	2.8	0.71	1.0 이하
의 자	1.1	-	1.0 이하
래 일	2.2	-	24.0 이하

상기의 내용에서와 같이 자계의 자속밀도 영향을 최소화 하기 위하여 전동차에 대한 요구를 만족시키는 수준에서 그 대책의 한 방법으로 연강으로 만들어진 차폐판을 적용하였다.

5. 검토결과 및 결론

상기에서 최근의 관련보고서 및 적용규격 등을 바탕으로 이에 대한 자계의 영향을 살펴보았다. 심장박동기와 이식형제세동기의 보조장치에 대한 안정성을 검토하여 본 결과 1mT(10Gauss)이하에서는 그 안정성이 충분한 것으로 판단된다. 그러나 국가마다 혹은 관련 연구보고서마다 그 기준치가 조금씩 다르고, 인공심장박동기 및 이식형제세동기 또한 그 제작업체에 따라 그 사양이 조금씩 다를 수 있으므로 특별한 유의가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. "Magnetic Fields in British Trains, National Radiological Protection Board, 1998"
2. "EN50061 Electromagnetic Compatibility - Safety of Implant able Pacemaker, 1995"