

リニアモーターカーが人工ペースメーカーに及ぼす電磁障害

小 森 貞 嘉・田 村 康 二・加 藤 精 彦¹⁾
 奥 野 隆²⁾・加 藤 順 三²⁾・飯 島 純 夫³⁾
 浅 香 昭 雄³⁾・内 山 暁⁴⁾
 山梨医科大学第2内科, ¹⁾小児科, ²⁾産婦人科, ³⁾保健学Ⅱ, ⁴⁾放射線科

抄 録：宮崎実験線におけるリニアモーターカー試作車両の車内に二機種のペースメーカーを持ち込み磁場による影響について検討した。いずれのペースメーカーも磁場の影響を受け動作モードに変化が認められた。動作モードの変化する磁界閾値は2つのペースメーカーで異なっていた。磁場により設定された動作パラメーターの書換は生じなかった。リニアモーターカーの実用に際し、さらに詳細な検討が必要と考えられた。

キーワード リニアモーターカー, 人工ペースメーカー, マグネットモード, 電磁障害

はじめに

リニアモーターカーは昭和52年に宮崎実験線が開設されて以来、度重なる走行実験と改良が繰り返され、現在 MLU 002 と名づけられた車両で実験が行われている。我々は宮崎実験線を視察する機会を得たので、車内に二機種の人工ペースメーカーを持ち込み、リニアモーターカーから発生する磁気的人工ペースメーカーに及ぼす影響を検討した。また座席に人工ペースメーカーを固定し、実際に車両を走行させたときの影響についても検討した。

方法

1) 人工ペースメーカー

シーメンス社製センソログ2033 S とメドトロニック社製レジェンド8416二機種について検討した。いずれも体動を感知してペーシング

レートを自動的に変化させる機能を備えているレート応答型ペースメーカーである。設定は表1および2に示した。センソログのマグネットモードは100回/分の固定レートで、レジェンドのマグネットレートは最初に3拍の100回/

表1. センソログの設定

| | |
|---------------|---------|
| Mode | SSIR |
| Rate | 70 ppm |
| Maximum Rate | 130 ppm |
| Gain | Low |
| Slope | 5 |
| Threshold | Medium |
| Reaction Time | Medium |
| Recovery Time | Medium |

表2. レジェンドの設定

| | |
|--------------------|----------|
| Mode | SSIR |
| Lower Rate | 50 ppm |
| Upper Rate | 150 ppm |
| Rate Response | 5 |
| Activity Threshold | Medium |
| Acceleration Time | 0.5 min. |
| Deceleration Time | 2.5 min. |

分の刺激を挟んだ85回/分の固定レートである。

2) 記録方法

ペースメーカーからの出力をカセット型の長時間心電図記録計(フクダ電子社製 SM26)に記録し, 後で再生しペースングレートの変化を検討した, 第1チャンネルにセンソログを接続し, 第2チャンネルにレジェンドを接続した。

3) 磁気の測定

手持ち型の磁力計 Gauss/Tesla Meter (F.W. Bell 社製 Model 4048 U.S.A.) を用いてリニアモーターカーから発生する磁気をペースメーカーをおいた各部位で測定した。

結果

1) 人工ペースメーカーの動作モードの変化

停車中の車内において両ペースメーカーは車内の移動にともない設定レートになったりマグネットレートになったり頻回に変化した(図

1)。つまりセンソログは毎分70回でペースングしたり, 100回でペースングしたりする変化が頻回に認められた。またレジェンドは毎分50回のペースングと3拍の100回/分のペースングを挟んだ85回/分のペースングとの間での変化が認められた。

しかし二つのペースメーカーがまったく同時に同じ方向(設定レートからマグネットレートに, あるいはマグネットレートから設定レートに変化)に変化することはなかった。二つのペースメーカーは近接して同じ方向を向けてケースに入れてあったことを考えると同一の磁場に対してその反応が異なることとなり, ペースメーカーによりマグネットモードとなる磁界閾値に差があると考えられた。

車内における磁力はおよそ10から140 Gauss であった。

2) 走行の加速度によるペースングレートの変化

今回検討した二つのペースメーカーは体動に

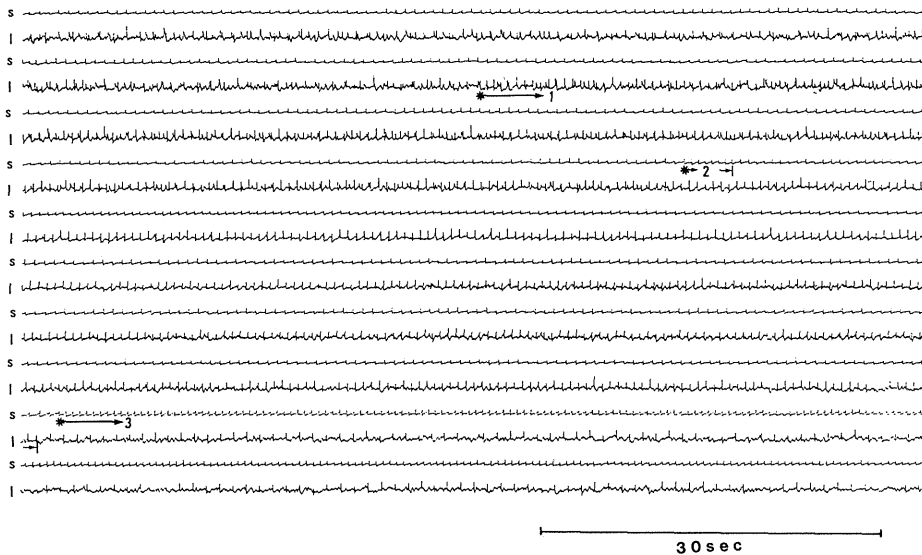


図1. リニアモーターカーの車内におけるペースメーカーの動作モードの変化。
(s:センソログの出力, 1:レジェンドの出力) *印の所でマグネットモードに変化している。
1はレジェンドがマグネットモードに切り替わったところで3拍100拍/分で刺激した後85拍/分の固定レートで約7分40秒間刺激し50拍の設定レートに戻っている。2はセンソログが7拍マグネットモードになっている。3はセンソログがマグネットモードになったところを示しているがこの直前でレジェンドは逆にマグネットモードから設定レートに戻っている。

よりペーシングレートを変化させる機能を備えておりリニアモーターカーの走行開始時と停止時にペーシングレートが変化する可能性があると考えられる。しかし床面から高さ75 cm、磁力27ガウスの所にペースメーカーを固定して150 km/時までの走行を数回行ったがペーシングレートは停車中と同様に設定されたレートで変化が認められなかった。

3) ペースメーカーのプログラミングの変化

リニアモーターカーによる磁場によりプログラミングの変化が起きたか否か検討するため、乗車前と走行後で各々のプログラマーを用いて比較検討した。乗車前に設定したペーシングレート、出力などが走行後に書き換えられることはなかった。

考案

ペースメーカーは心内のきわめて微細な電位を感知し心拍数を制御する人工臓器である。しかし、ペースメーカーが作動している環境はペースメーカーにとって好ましいものばかりではない。例えば電気メスや除細動器などの医療機器により誤作動が起こることや、電気溶接で誤作動が起こることなどは良く知られている。また家庭にある電気器具でもアースが十分でない場合に誤作動がおこりうる。

近年人工ペースメーカーの電磁障害に関する報告¹⁻⁴⁾がなされ、特にMRI (magnetic resonance imaging) 装置による電磁障害は注目され、現在のところペースメーカー植え込み患者のMRI検査は禁忌とされている。MRIでは1,500から25,000ガウスもの磁界が発生すると報告されている³⁾。今回の検討によりリニアモーターカーの車内においても場所により10から140ガウスの磁界が発生しペースメーカーの動作モードが変化し設定レートになったりマグネットレートになることが明らかになった。近松らは磁力の測定は行っていないがリニアモーターカーの車内でペースメーカーの動作モード変化することを報告している⁴⁾が我々の結果と

一致する。また今回の検討によりペースメーカーによりマグネットモードに変化する磁界閾値も異なることが明らかとなった。しかし、各々のペースメーカーの磁界閾値を測定することは今回用いた測定方法では不可能であり今後検討される必要があると考えられた。

まず動作モードがマグネットモードになることにより、患者の体内に埋め込まれたペースメーカーにおける影響として、第1に自己心拍のある患者では頻拍性不整脈を誘発する可能性がある⁵⁾。特に心室を刺激するペースメーカーの場合心室頻拍や心室細動などの致死性不整脈を誘発する可能性がある。第2にマグネットレートが高いペースメーカーでは心不全や狭心症の発作の誘発の可能性がある⁶⁾。マグネットレートに変化する磁界閾値が機種により異なるということは、機種によってはより過敏に磁気に反応する可能性もあり、現在用いられている全てのペースメーカーについてリニアモーターカーの磁気による影響を検討する必要があると考えられた。

さらにペーシングシステムはペースメーカー本体だけでなくペーシングリードも含んでおりリード部分に磁力による電流が発生し、このためペーシングの抑制が起こる可能性がある³⁾。

以上のことを予防するためには車両の磁気シールドを強化してペースメーカーに影響を与えない程度まで磁力を低下させる対策と、ペースメーカー側としては磁場内においてもマグネットレートとならず、プログラムしたときだけマグネットレートとなるような方式を採用することにより防止できると考えられた。

付 記

本論文は山梨県リニア技術関連問題研究協議会のメンバーとしての行った研究である。

文 献

- 1) Smith GS, Toler JC. Analysis of the coupling of electromagnetic interference to unipolar car-

- diac pacemakers. *Med and Biol Eng and Comput* 1981; **19**: 97-109.
- 2) Domino KB, Smith TC. Electrocauteryinduced reprogramming of a pacemaker using a precordial magnet. *Anesth Analg* 1983; **62**: 609-612,
 - 3) 豊島 健: 心臓ペースメーカーの電磁障害. 心臓ペースング. 1988; **4**: 276-287.
 - 4) 近松 均, 安井 直, 松山裕宇, 石黒良明, 野場万司, 加藤千雄, 可児 篤, 渡辺佳彦, 菱田仁, 水野 康, 瓜谷富三, 水野嘉子・超電導磁気浮上式鉄道(リニアモーターカー)がペースメーカーに及ぼす電磁障害の検討. 心臓ペースング. 1990; **6**: 297-302.
 - 5) Fontaine G, Guirandon G, Frank R, Vedel J, Grosgeat Y, Cabrol C, Facquet J. Stimulation studies and epicardial mapping in ventricular tachycardia: Study of mechanisms and selection for surgery. *In*: Reentrant Arrhythmias. Kulbertus, HE, ed. Baltimore, University Park Press, 1976, 334-350.
 - 6) 杉本恒明. 心房ペースング試験, 循環器負荷試験法, 水野 康, 福田市蔵編 診断と治療社, 1986, 316-329.

Effects of Magnetically Propelled Vehicle on Cardiac Pacemakers

Sadayoshi Komori, Kohji Tamura, Kiyohiko Katoh¹, Takashi Okuno², Junzoh Katoh², Sumio Iijima³, Akio Asaka³, and Gyoh Utiyama⁴

The Second Department of Internal Medicine, ¹Department of Pediatrics, ²Department of Obstetrics, ³Department of Health Sciences, ⁴Department of Radiology, Yamanashi Medical College

Effects of the magnetic field generated by the magnetically propelled vehicle, MAGLEV, on the function of two artificial cardiac pacemakers were investigated. The functioning mode of the two pacemakers were affected by the magnetic field. However, the thresholds of the magnetic fields required to change the mode differed. Functional parameters were not changed by the magnetic field. Additional evaluation should be performed before the MAGLEV system is placed in operation.

Key words: magnetically propelled vehicle, artificial cardiac pacemaker, magnet mode, electromagnetic interference