

生体内植込みデバイスと電磁干渉

——日常生活、就労、就学への影響——

和井内由充子*

心疾患、特に不整脈の治療のため、生体内に植込んで心臓に電気刺激を与える補助機械を生体内植込みデバイスという。デバイス使用患者を取り巻く状況は、近年急速に変化している。日常生活の場に存在する電界や磁界は増加し、デバイスの種類は多様化している。高齢化で植込み患者数が増加しているのみならず、デバイスによっては若年者にも適応が拡大された。若年層では就労や就学等の問題が生じることになる。

デバイス使用患者の社会復帰に関するガイドラインが2008年に日本循環器学会より発表された¹⁾。患者の社会復帰、就学、就労の際の管理、指導にあたっては、医学的知識だけでなく、工学的知識や、法律的知識が必要なことが強調された。すなわち産業医や学校医として、患者の社会復帰に適切な環境を整備すべく管理指導することが求められている。日本循環器学会のガイドラインに沿って解説する。

1. 生体内植込みデバイスの種類

生体内植込みデバイスには、ペースメーカー、植込み型除細動器 (implantable cardioverter-defibrillator ; ICD)、心臓再同期療法 (cardiac resynchronization therapy ; CRT)、CRT に ICD 機能を付加した CRT-D がある。ペースメー

カは社会に広く知られているが、ICD、CRT、CRT-D はあまり知られていない。特に CRT、CRT-D は医療従事者にも認知度が低い新しい治療法である。

1) ペースメーカー

ペースメーカーは、電気刺激を与えて心室や心房を収縮させる器械であり、主に徐脈性不整脈の治療に用いられる。意識消失やめまいなどの症状を伴う場合、あるいは現在無症状でも将来的にその危険性が高い場合に適応となる。洞不全症候群（図 1a）や Mobitz II 度以上の房室ブロック（図 1b）などが該当する。

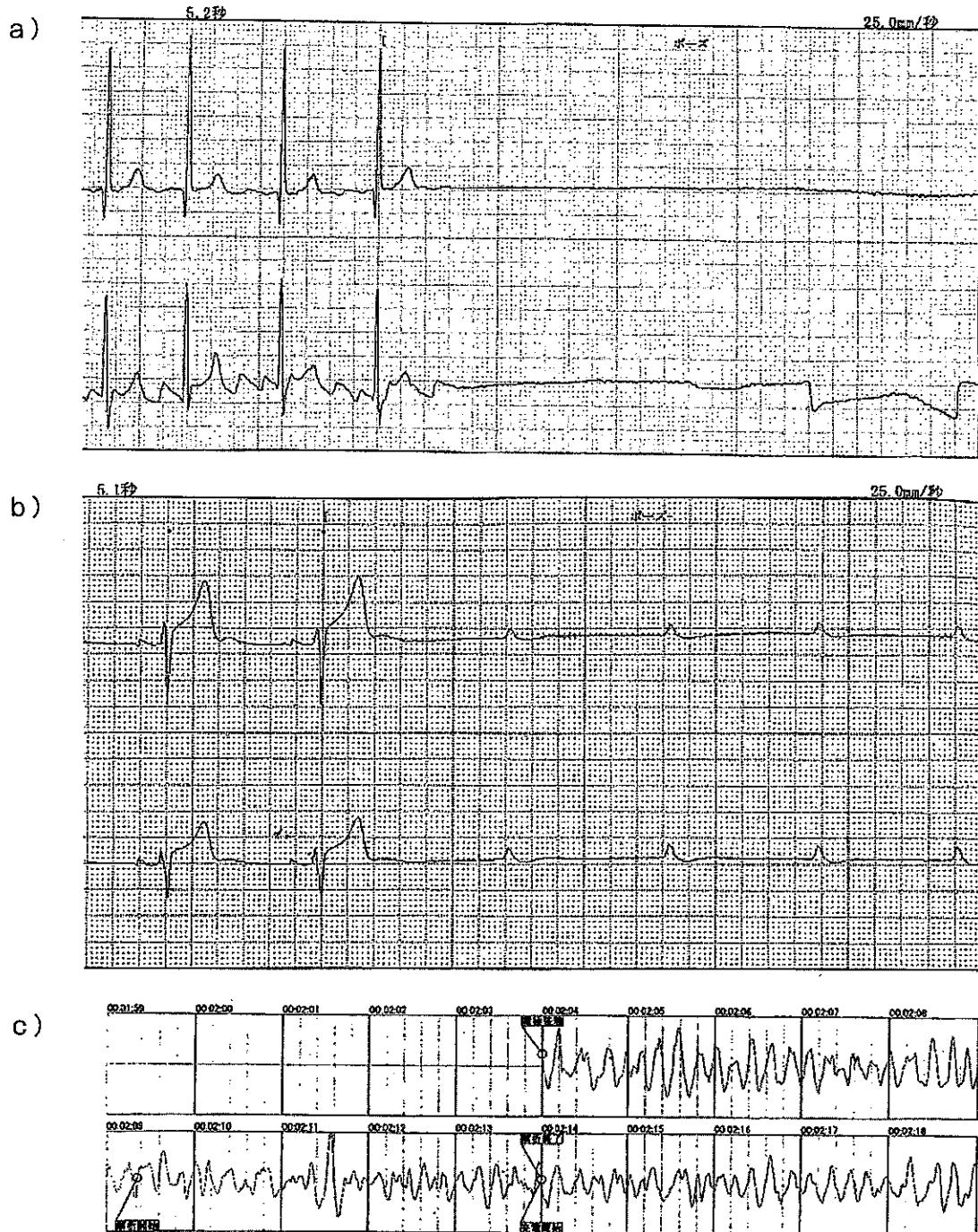
2) ICD

突然死の最大の原因である心室細動に対してもばやい除細動を可能にするために開発された。蘇生後（図 1c）など心室細動の 2 次予防や、心室細動を合併しやすい心疾患での 1 次予防として使用される。

3) CRT, CRT-D

重症心不全では、心筋障害により心室内伝導障害を生じ、左右心室の収縮タイミングにずれを生じることがある。このことがさらに心機能を低下させる。左室と右室を同時にペーシングすることにより協調性が回復する。これが心臓再同期療法、CRT の原理である。CRT では刺

* 慶應義塾大学保健管理センター



- a) 49歳女性。健康診断で心房粗動を指摘された。自覚症状なし。ホルター心電図にて、発作性心房粗動から洞調律への回復時に最長5.2秒の心停止を認めた。洞不全症候群の診断でベースメーカー植込みとなった。
- b) 21歳男性。健康診断で上室性期外収縮の多発を認めた。自覚症状なし。ホルター心電図にて高度房室ブロックを認め、ベースメーカー植込みとなった。
- b) 20歳男性。運動中に心肺停止状態となった。蘇生時のAED記録で心室細動を確認した。回復後ICD植込みとなった。

図1. デバイス植込み症例のホルター心電図、AED記録波形

激電極は左右両心室に植込まれ、心臓を左右から挟み込むように電気刺激する。CRTに除細動機能を加えたものがCRT-Dである。

2. 電磁干渉とは

生体内植込みデバイスは刺激電極を用いて常に心臓からの電気信号を監視している。外部に電磁界が存在すると、雑音が生体内に混入しデバイスが誤って反応することがある。これを電磁干渉という²⁾。電磁界はあらゆるところに存在し眼に見えない。生活が便利に豊かになる一方で、新たな電磁干渉が問題となってきた。たとえば温泉施設の電気風呂やIH炊飯ジャーなど前例のない状況での誤作動の報告^{3,4)}が相次いでいる。電磁干渉の発生機序には以下の3種類がある。

1) 伝導電流

直接生体に流れ込む電流である。たとえば電気用品の漏電などで起こりうる。電気用品取締法では漏えい電流を1mA以下であることを規定しているが、人が感電として感じることのできる10分の1以下の電流をデバイスは感知する。デバイス使用者はアース線の接続を励行するべきである。

2) 変動磁界

デバイスでは心筋に接する刺激電極先端を陰極、ペースメーカ本体または刺激電極近位部を陽極（不関電極）としている。両極を結ぶ直線およびリードの走行路が1回巻きコイルとして機能する。コイルに変動磁界が照射されると、起電力が誘起され、雑音が入ることになる。影響があるのは変動磁界であり、静磁界は直接干渉しない。

3) 高電圧交流電界

頭上に高電圧を発生するものがあると、電圧源と地表の間に電気力線が発生する。直流の場合は影響がないが、交流の場合は生体内に交流

電流が誘起される。

3. 日常生活での問題

1) 電磁干渉の問題

日常生活において、電磁干渉が問題となりそうな機器とその対策を解説する。

a) 家庭内、個人使用

- 家庭電化製品

アースをとっていない家電製品はすべて漏電時に電磁干渉の危険がある。

- 携帯電話、PHS

携帯電話の電磁干渉に関しては社会的によく知られている。不要電波問題対策協議会は平成9年に22cm指針を示した。それ以降も総務省は毎年対象を変えながら調査研究を継続している⁵⁾。携帯電話を植込み部位の真上にあるポケットには入れない、通話は反対側の耳で行うなどの指導も行う。

- IH調理機器、IH炊飯ジャー

IHとはInduction Heating（誘導加熱）の略で、電磁波を用いた新しい加熱方式である。火を使わないので空気を汚さず火災もないことから、近年普及がすんでいる。使用時に周囲に磁界が発生するので、当然デバイスは影響を受ける。安全距離は50cmとされる。IH炊飯ジャーの場合は、保温中にも磁界が発生しており、蓋を開けると発生頻度が増すことに注意が必要である。

- 電子レンジ

電磁波を調理機内に閉じ込めるようにしているため、電磁干渉の報告はない。アースは必要である。

- 電気カーペット・電気毛布

消費電力が小さく通常使用には問題はない。

- ・全自動麻雀卓

麻雀牌の並べ替えと山牌積みを自動的に行える卓で、牌の中に磁石を仕込み、卓の上に送り出すために電磁石を使用している。操作時には卓の縁から30cm離れる。

- ・体脂肪計

体に電流を流して抵抗値を計ることで体脂肪率を算出している。使用禁忌である。

- ・無線 LAN

現在広く使用されている 2.4 GHz あるいは 5 GHz の周波数を用いての実験では、ペースメーカーの 1 機種でのみ 1 ~ 6 cm 以内という短距離で軽度の異常を認めたという²⁾。ほとんど影響なしと考えてよい。

b) 屋外、公共場所

- ・自動販売機

街中の自販機ではアースが取られているか不明である。安易には触れないほうがよい。

- ・電子商品監視機器

(electronic article surveillance ; EAS)

盗難防止ゲートとして有名である。商店のみならず、図書館などにもある。総務省の調査⁵⁾でも影響が指摘されている。

対策としては、立ち止まらず正面を向いて中央をまっすぐ歩く。ゲートの外側にも磁界があるため、周囲に留まる場合は 3 m 以上離れた場所に立つ。設置側にはステッカーの貼付義務がある。

- ・電子タグ

(radio frequency identification ; RFID)

商品に IC チップの組み込まれたタグを添付し、情報を非接触で読み取るシス

テムで、盜難防止、商品管理、図書管理などに利用されている。ゲートタイプとハンデータイプがある。ゲートタイプでは EAS 同様の注意が必要となる。RFID 用のステッカーを貼付する。ハンデータイプでは植込み部位から読取装置のアンテナまでの安全距離は 22 cm である。

- ・非接触 IC カード

端末に接触しなくともカードを読み書きできるシステムで、Suica や Edy など幅広く使用されている。カード内部にコイルが内蔵されており、端末のリーダライタ部から発生している磁界にカードをかざして無線通信でデータをやりとりする。安全距離は 12 cm なので普通の状況では問題とならない。子供やデバイスを腹部に植込んでいる場合は注意する。

- ・高電圧送電線

市街地の高電圧送電線に関しては、経済産業省令で地上 1 m における電界強度が 3 k V/m 以下に規制されている。デバイスが影響を受けるのは 5 k V/m 以上の強度なので影響はない。また周囲の構造物で容易に遮蔽されるので屋内は安全である。注意が必要なのはハイキングなど山野で高圧送電線の下をくぐる場合や送電線真下のビルの屋上くらいである。

c) 交通機関

- ・自動車

エンジンをかけたままでボンネット内を覗きこむのは危険である。ハイブリッドカーでは、蓄電池からの交流発生やモータの制御に用いるインバーターが電磁干渉の原因となる懸念があるが、現在まで事故の報告はない。

- ・スマートエントリーシステム

自動車の扉の開閉やエンジンの始動停

止を、鍵を用いないで行えるシステムである。アンテナが車両に装備されており、鍵との間で電波通信を行う。アンテナから22cm以上離れる。鍵を車外に持ち出すと定期的に電波が発信される車があるが、外からではわからないので他人の車には不用意に近寄らない。

d) 医療機器

- ・低周波治療器、通電鍼治療器、筋刺激装置

体に電流を流して神経や筋肉を刺激する治療で、禁忌である。

- ・高電位治療器

絶縁された椅子に乗って生体に5～30kVの交流電位を加える治療法であり、禁忌である。

- ・レーザー治療

発生装置から30cm以上離れれば安全である。

- ・歯科診療

直接口腔内に接触して通電する機器である電気的根管長測定器、歯髄診断器、イオン導入器などは、いずれも禁忌である。可視光線照射器、レーザーメスなどは、装置から漏洩する外部漏洩電磁界を考慮し、十分に離して使用する。

- ・放射線

診断用のX線はほぼ安全である。癌治療などに使われるγ線や重粒子線はエネルギーが大きく危険である。

- ・MRI

MRIは電磁界を発生させて診断する器械である。今までに死亡例の報告がされている。原則的には禁忌である。

e) 電磁干渉対策、指導

ペースメーカーの不具合時の症状は、気分不快、動悸、胸部圧迫感、めまい、失神な

どである。症状出現時は、まず体の向きを変え、その場を離れるよう説明する。歩いている場合に異常を感じたら来た道に戻るよう勧める。離れればペースメーカー・ICDは元に戻るから心配ないことを説明する。

日曜大工やオール電化住宅など不安が残る場合は、ペースメーカー取扱業者に依頼して環境調査を行うことを勧める⁶⁾。

2) 自動車運転免許の問題

平成13年に改正された道路交通法施行令によれば、免許の拒否、保留、取消し又は停止の対象となる病気に再発性の失神がある。デバイス使用患者はこれに該当する。

ペースメーカ植込み後失神がない場合、運転は許可される。診断書も不要である。しかし植込み後に失神がある場合、運転は禁止となる。

ICDの場合は、植込み後6カ月間は運転禁止である。6カ月以上経過し、ICDの作動、失神ともに生じていない場合は運転可能となることがある。運転可能となるのは「運転を控えるべきとはいえない」旨の診断書を主治医が発行し、公安委員会と警察当局が最終的に認めた場合である。第2種免許と大型免許は許可されない。

4. 就労に関する問題

近年デバイス使用者の多くが職場復帰可能な状態にある。産業医は、業種、職種、勤務形態、勤務条件などを考慮し、事業者に助言する必要がある。電磁障害をきたしうる職場では、事前の調査で安全性を確認しておくことも必要である。仕事上の制約に関して患者、職場の双方に事前によく説明し理解を得ておかなければ、職場復帰時のトラブルの原因となる。リストラや不要な配置転換の心配から、患者が必要な治療を拒否するようなことがあってはならない。

1) 就労が禁忌の職業

職業運転手、パイロットなど、短時間の意識

障害でも重大な事故に結びつく危険性のあるものは絶対的禁忌である。

本人にとって危険なもの、たとえば高所作業、潜水作業、異常気圧下での作業などは相対的禁忌である。

ICD 植込み患者は第 2 種免許や大型免許は取得できないが、普通免許は 6 カ月作動がなければ取得できる。普通自動車を用いての営業活動や荷物の輸送に関しては明確な基準がない。産業医、事業者の判断となるが、一般的に長時間にわたる運転は避けたほうがよい。

2) 電磁干渉をもたらす労働環境

事故による感電、変動磁界を生じる機器（工作機械、無線設備、溶解炉など）、高圧交流電界（配電盤、変圧器、変電設備など）が問題となる。

3) リード断線の危険がある労働

リード断裂を誘発する恐れのある動作や姿勢をとる可能性のある職業は避ける。肉体労働、スポーツインストラクター、プロスポーツ選手などが該当する。

4) 労働者に関する法的問題

労働者を保護する法律としては、労働基準法および労働安全衛生法がある。

労働基準法には、健康を理由に有病者や障害者を差別してはならないという明文化された規定はないが、正当な理由のない解雇はできることは規定されている。デバイスを植込んでいること自体を差別的な処遇や解雇の理由することはできない。

労働安全衛生法では、事業者に安全配慮義務が規定されている。電磁場の測定や特別な健康診断の実施は規定されていないが、通常の健康診断時に、産業医はデバイス植込みのことを把握する必要がある。電磁場が存在する職場については職場環境の改善、業務上の注意など保健指導を行わなければならない。

個人情報保護法の観点からは、事業者からデバイス使用者の健康状態についての問い合わせを受けた際、人事考課など目的外に利用しないよう配慮する。

5. 就学に関する問題

学校保健法では“学校は定期健康診断をもとに、疾病の予防および治療の指示を行い、適切な措置をとらなければならない”とある。デバイス使用者はこの対象である。学校医は主治医と連絡をとり、学校生活管理指導表などをもとに学校側に適切な指示を与える。

1) スポーツの制限

基礎心疾患のないペースメーカー植込みの場合は中等度の運動は可である。ただし、体同士が接触するスポーツ（ラグビー、格闘技など）はペースメーカーを損傷する危険がある。胸部に衝撃を与える可能性のある球技（サッカー、バスケット、野球⁶⁾など）はプロテクターを使用すれば可能である。上腕や肩関節を用いるスポーツでは鎖骨と肋骨の交差部分での圧迫や複合的なストレスによるリードの損傷が考えられる。

ICD 植込み患者では一般的には競技スポーツは控えるべきである。レクリエーションでも水泳やダイビングは禁止である。若年者においてはスポーツ中の洞性頻脈により ICD の不適切作動が生じる可能性がある。あらかじめ運動負荷試験で評価しておく。心房細動などの心房性不整脈から不適切作動が発生することもある。

2) 課外活動

課外活動では日常生活にない特殊な環境に注意する。通常の遠足、修学旅行は日常環境と同レベルと考えてよい。林間学校では山登りなどは状況によっては制限する。臨海学校では遠泳や潜水は原則禁止となる。海外旅行では緊急対応可能かどうかチェックする。

3) 通 学

ICDでは通学はできるだけ複数で行う。自転車は避けたほうがよい。

4) その他

失神を起こしたときの注意や、主治医の連絡先、救急隊への通報を、担任、養護教諭など学校内スタッフ全員に周知させる。

まとめ

生体内植込みデバイス使用患者を取り巻く状況は、デバイス種類の多様化、日常生活の場の電磁界の増加、患者数の増加と若年層への拡大など、大きく変化している。産業医、学校医、あるいは保健師としてデバイス使用者に関わるとき、日常生活、就労、就学での留意点を、特に電磁干渉の面から解説した。

文 献

- 1) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2006-2007年度合同研究班報告）：ベースメーカー、ICD、CRTを受けた患者の社会復帰・就学・就労に関するガイドライン。Circ J 72: 1133-1174, 2008
- 2) 日本不整脈学会：生体内植込みデバイス患者と電磁干渉（安部治彦、豊島健編集）。メディカルレビュー社, p11-441, 2007
- 3) 大久保佑樹、他：電気風呂にて誤作動したICDの1例。第23回日本不整脈学会（抄録），2008，横浜
- 4) 長友敏寿、他：IH式炊飯ジャーによるバイポーラベースメーカーの電磁障害。第23回日本不整脈学会（抄録），2008，横浜
- 5) 総務省電波環境課：電波の医用機器等への影響に関する総務省の取組み。電子情報通信学会誌 88: 93-96, 2005
- 6) 矢島真知子、他：ICD植込み患者の生活環境における電磁波調査の経験。体外循環技術 32: 160-164, 2005
- 7) 藤野晋、他：軟球が左胸部を直撃後、埋め込み型除細動器が頻回誤作動した一例。Circ J 73: 945, 2009