

カテーテルアブレーションにおけるノイズ検証

○倉持龍彦、田切恭平、中原毅、高野真史、久松学、小橋和彦、上野信一

*小松雄樹、谷口宏史、家坂義人

JA 茨城県厚生連 総合病院 土浦協同病院 臨床工学部

*同 循環器内科

1. はじめに

土浦協同病院での不整脈に対するカテーテルアブレーション術中に図 1 に示すような心内心電図上のハムノイズを認めた。本来使用機器に付属するフィルタで対処するが、当院での術式は微小電位を重要視するため、この対処はできない。

そこで現在のカテーテル室の電氣的汚染状況を定量的尺度で検証することで、今後の対策準備ができると考えた。本検証では、ノイズの流出経路（接地系）および流入経路（電源系・空間系）を調査し帰納法的な検証を行ったので報告する。

2. 対象と方法

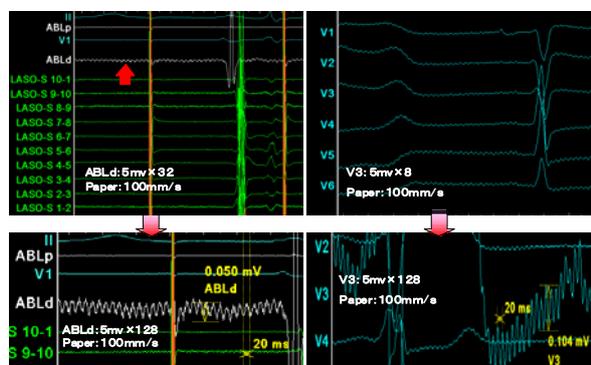


図1 カテーテルアブレーション術中の心内心電図上のハムノイズ

2-1 対象

土浦協同病院の不整脈治療を行うシネアンギオ室 2 を対象とした。なお装置機器類は電源切 (off)・治療待機 (standby)・治療中 (run) と。

2-2 測定項目

2-2-1 接地系の検証

(株)CUSTOM 製 COM-2000D デジタルマルチメータを用いて、等電位接地 (以下 EPR) 電位とコンセント接地極電位を測定した。

2-2-2 電源系の検証

(株)日置電機製電源品質アナライザ 3196 を用いて、電圧・電流・電力と全高調波歪 (THD) を測定した。

2-2-3 空間系の検証

(株)日本光電製 AX-101A 電界シールド型ループコイルアンテナを用いて、ME 機器周辺電磁界とカテ室空間電磁界を測定した。

3. 結果

3-1 接地系の検証

EPR 電位とコンセント接地極電位は 0[V]を示した。

3-2 電源系の検証

一般電源系統で最大 10[V]の電圧降下と THD5.6%を認めた。

3-3-1 空間系の検証 (ME 機器周辺)

ポリグラフの絶縁トランスが距離 1[cm]で 5260[mG]を示し、カテ室平均静磁界の約 2500 倍であった。またアブレータ冷却用送風機が距離 1[cm]で 1465[mG]を示した。

3-3-2 空間系の検証 (カテ室空間)

カテ室の空間電磁界は CARTO パッチ部が 40[mG]と、付近より高い数値を示した。(図 2、図 3)

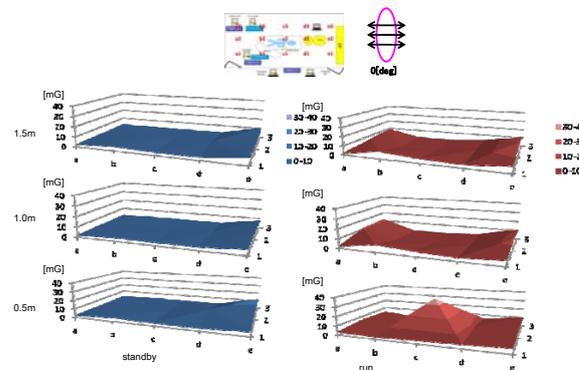


図2 空間電磁界 入射角0[DEG]

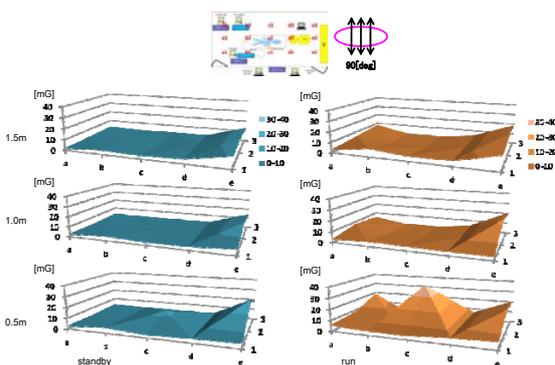


図3 空間電磁界 入射角90[DEG]

4. 考察

4-1 接地系の検証

ノイズは地上に逃げることができる環境であり、ノイズ流出経路に異常はないことが示唆された。しかしアブレーション治療で使用される ME 機器は、マイクロショック防止機構が備わる CF 機器を使用することが多く、今回のノイズはフローティング部分に混入し、逃げられない状態にあることが推察された。

4-2 電源系の検証

消費電力の多いアブレータがある一般電源系統で、「JIS T 0601-1 医用電気機器-第 1 部：安全に関する一般要求事項；第 2 章：環境条件」¹⁾で定める公称電圧±10%の基準値限界付近の値を示し、国内家電協会が目標値²⁾とする THD5%以下の許容限界値を超える値を示した。

電圧変動があり THD が高く、その電源系統全体の ME 機器にノイズ混入を引き起こす原因の一つであることが推察された。

4-3 空間系の検証

トランスは高電磁界発生源であり、計測機器配線（特に信号交信伝達経路）には容易に誘導起電力が発生し、ノイズ混入の原因になる可能性がある。よって今回のノイズの原因は、通常電磁界の 2500 倍を示した絶縁トランスが、心電図ケーブルとの干渉し、Lentz の法則³⁾に準ずる誘導起電力が発生した可能性が、最も高いことが考えられた。

また測定値は Biot-Savart の法則⁴⁾に準じ距離に対し低下しており、トランスから距離を保つことで、ノイズ混入回避が可能であることも示唆された。

アブレータ冷却用送風機の測定値が、高値を認めたことから、IEC で規格される医療機器以外の使用は控えたほうが望ましいことも示された。

カテ室空間電磁界においては CARTO パッチ周辺での空間電磁界が、周囲より高値を示したことから、この付近にある ECG 電極ケーブルからのノイズ混入は否定できない。ECG 電位は CF 機器のフローティング状態にあり、ノイズが逃げられないため、測定値が低くても注意が必要であると推察された。

5. 結論

カテ室 CF 機器の場合はノイズが入らないような対策が必要であり、消費電力が多い ME 機器や THD の高い ME 機器は、他の ME 機器に干渉しない独立した電源系統に隔離する必要がある。また IEC 規格で保障されていない一般機器の使用は控え、絶縁トランス付近に計測機器や計測機器配線を近づけないことが必要である。

6. 今後の展望

本検証から次項のような今後の課題も提示された。

接地系の検証において、接地抵抗計を用いた基幹部の接地抵抗測定が必要であった。我々臨床工学技士も電気主任技術者との連携を取り、院内の配電設備に介入できるような知識と経験を重ねる必要がある、今後さらなる精進が必要である。

電源系統の検証において、ノイズのベクトルを観測し、機器にノイズが流入しているのか流出しているかの検証も必要であったと考える。

空間系の検証において、オシロスコープが使用できずノイズ周波数の特定ができなかった。

カテーテルアブレーションのシステム構成的に高周波ノイズ発生源であるアブレーションカテーテル（治療部）と、心内心電計のカテーテル電極（測定部）とが隣接している現状から、光学的アブレーション等に移行しない限り根本的解決が難しいと考える。

空間電磁界における本検証では CISPR 16-1⁵⁾で推奨する方法で行なった。しかし磁界を測定すべきか電界を測定すべきかに難渋し、今回は磁界強度を測定した。関連法規や測定法も学会等でのガイドラインや標準手順を策定も必要であることが推察され、かつ簡便な測定機器の開発も望まれる。

参考文献

- [1] (社)電子情報技術産業協会:JIS T 0601-1 医用電気機器-第1-2部:安全に関する一般的要求事項-電磁両立性-要求事項及び試験, (財)日本規格協会:制定2002, 改正2012
- [2] (財)日本規格協会, (社)電気学会:JIS C61000-3-2 電磁両立性-第3-2部;限度値-高調波電流発生限度値(一相当たりの入力電流が20A以下の機器), (財)日本規格協会:制定2003, 改正2005, 2011
- [3] 末武国弘, 不要電波問題対策協議会:図解EMC用語早わかり, オーム社, 東京:14-21, 1999
- [4] 電気学会, 電磁波の散乱・吸収計測技術調査専門委員会:電磁波の散乱・吸収計測と建築電磁環境, コロナ社, 東京:129-132, 2000
- [5] Comite International Specical des Perturbations Radioelectripues:CISPR 16-1 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods:1993