

小児のペースメーカ植込み術の特徴と問題点

和歌山県立医科大学第一外科
打田 俊司

小児に対するペースメーカ(PM)治療は、植込み方法、至適ペーシングの調整と多岐にわたる配慮と遠隔期でも安定したペーシングを目指す必要があり、さまざまな報告が行われている。小坂ら¹⁾の論文は、対象が日齢4～6歳、体重2.6～17 kgと年齢・体格が小さく経静脈アプローチの適応とならない症例を中・長期的な成績を考慮し、かつ、外科的アプローチ法・植込み部位についての工夫を述べたもので、従来から小児の抱える問題点の解決の可能性も検討している点から有用な論文である。

ここでは小児に対するPM治療を行う際の特徴と問題点を考察してみる。

1. 身体的特徴

成人と明らかに異なる特徴は体格であることは自明で、それゆえに発生する制約に加え、成長を考慮した治療を行う必要がある点である。特に、新生児期・乳児期早期症例への介入はさらにその制約を受け、乗り越えなければならない問題も多い^{2, 3)}。

2. 解剖学的特徴

先天性心疾患ならではの形態的特徴を考慮する必要がある⁴⁾。経静脈的にリードを挿入する場合、innominate veinを伴わない左(右)上大静脈遺残症例や心房内臓錯位症候群では經由静脈とペーシング部位の制限がかかり、修正大血管転位症では解剖学的右室と比べ肉柱発達の良い解剖学的左室へのリード固着となり、リードによってはdislocationや固定不良による閾値上昇生じる危険性が高くなる。

疾患によっては、段階的治療により解剖学的心形態が手術により変わるのも先天性心疾患の特徴といえる。

3. 成長の考慮

成長に伴い、植込み部位についてはむしろ選択が広がる。しかし、新生児期・乳児期早期に植込まれたPMは当然年次経過とともにさまざまな問題が発生する。頻回にわたるgenerator交換による創部の癒痕形成や創部治癒遅延に伴う感染、ペーシング部位閾値上昇に伴うリード再留置などがある。

O'Sullivan⁵⁾らやGheissari⁶⁾らは経静脈心内膜リードの場合にはその成長に伴うリードのゆとりの取り方、とるべき長さについて詳細に考察している。

4. 身体的制限からくる問題点と現状

1) アプローチ

通常、新生児・乳児には心外膜電極を用いることが一般的である。経静脈心内膜アプローチは静脈内血栓の形成、リード/血管径比が大きく静脈閉塞の原因となり得る点、成長に伴うリードの相対的短縮化と閾値の上昇などがあり、将来的な静脈閉塞に伴うアクセスルートの喪失リスクを持つなどの理由による。対して、心外膜電極は体格・解剖学的特徴(静脈異常還流等)を考慮する必要がない反面、留置がより侵襲的であること、早期に上昇するペーシング・センシング閾値が問題となる。近年の技術の進歩で、リードは飛躍的に細くなり、経静脈心内膜ペーシングと心外膜ペーシングによる遠隔成績の比較など経静脈アプローチの報告⁷⁻⁹⁾も多くみられるようになった。

2) 植込み部位

乳児はもちろんのこと、新生児はPM本体に対するゆとりのある植え込み部位が確保しがたい。Generator植込みに際して生じるリスク回避の点から前上腹部が一般的に用いられていることが多いが、過去の大きなgeneratorの時代は、胸腔内に収める方法などの工夫が木曾ら¹⁰⁾、岩ら¹¹⁾により報告されている。しかし新生児や乳児に対する場合は、薄い皮膚・筋層がための潰瘍形成や成長や活動に伴うPM dislocationを考慮しなければならない。加えて、generator交換時にアプローチが容易であり、植換えに伴う合併症が少ない考慮も必要である。さらに、成長に伴う活動の障害にならず、cosmeticにも不自然がないような配慮も必要とし、かなり制限の多い条件を伴う。腋窩への植込みは小田ら¹²⁾により報告されており、その13例の報告でも感染、皮膚潰瘍、リード断線はなく、ほかの植込み部位に比べ優位性が述べられている。小坂論文でも遠隔成績を踏まえ腋窩の優位性を述べており、

特に新生児・乳児に対するその優位性からも植込み部位としてさらに期待ができると考える。

3) リード固定と経路

小児ではリードは成長の考慮に加え、外圧・摩擦による断線なども考慮し、ゆとりをもったリード留置や外圧を受けにくい安全な経路を考慮に入れなければならない。成長を考慮したリードのゆとりを経静脈リードの場合は心内もしくは血管内に求めなくてはならず、限られたスペースではなかなか困難である。また、成長に合わせたゆとりをどのくらいとればよいかの判断は難しいところであるが O'Sullivan⁵⁾ らや Gheissari⁶⁾ らの報告で考察されている。心外膜リードの場合は本体の植込み部位により経路が規定される。成長に見合ったリードのゆとりはループを作ることにより得るのが一般的であるが、どこにどのように作るかについては確定的な報告はない。PM電極植込み条件については小児の場合明確に示されていないが、私自身は既存の報告や経験から、植込み時の心内膜電極でのセンシング閾値を心房で3 mV以上の心内P波、心室で10 mV以上の心内R波を目標設定値とし、心外膜面留置の際はそれぞれ2.5～3 mV以上、8～10 mV以上(癒着剥離後等閾値が高い条件下では、双極ステロイド溶出リード使用時には心房で2 mV以上、心室で7 mV以上)を条件とし、ペーシング閾値ではパルス幅0.5 mVとともに1.0 V以下としている。やや厳しい条件であるが、癒着剥離を行った心外膜面でも少しピールを剥がす必要はあるがすべてに対応できている。リードのゆとりの取り方は、ループを作ることにより得るのが一般的であるが、実際はそのループの周囲に結合組織が入り込むため、想像するほど成長に伴いループがほぐれることはない。

5. PM リードに伴う問題点

リード被覆素材に用いられているシリコンは組織親和性が高く、生体内では安定した素材ではあるが強度に問題があり、植込み過程や本体までの経路での圧迫や摩擦によってリード損傷を発生する可能性が高くなる。また、親和性が高いがゆえにリード周囲の血栓形成という欠点も持ち合わせる。ほかの被覆素材としてはポリウレタンがある。シリコン被服電極に比べ強度や弾力性があり滑りも良い特徴を持つ。しかし、金属であるリードそのものによる酸化や生体からの化学的なストレスによる影響を受けやすくリード不全を起こす欠点があった。いずれのリード被覆材料もそれらの欠点に対し改善が加えられ、安定したものになっている。電極固定も心内膜電極では passive fixation lead としての tined type、active fixation lead としての screw-in type がある。前者は dislocation 少なく、pacing 閾値低く、穿通のリスクも低く肉柱への固定性もよい。後者は植込み部位を自由に選択できるという tined type にはない特性を持つ半面、心筋の障害を加えながら固定するため、急性期の閾値上昇によるリード不全の問題がある。心外膜では stab-in type や screw-in type がよく用いられたが、いずれも active fixation lead であるため急性期はもちろん中・長期の閾値上昇の問題を持っていた。近年、ステロイド溶出電極の開発により急性期閾値上昇が回避されるようになり、長期安定が得られるようになった。心外膜電極にもステロイド溶出電極が応用され、ボタン状の接触型ステロイド溶出型心外膜リードが主流となり、passive fixation epicardial lead として小児領域では優れた効果を得ることができるようになった。しかし、高度癒着症例では至適縫着部位が得られない場合もあり、小坂論文¹⁾ で述べられている Westerman ら¹³⁾ の心房穿通心内膜面固定法の応用も1つの有用な手段であると考えられる。

6. 今後の課題

小坂論文¹⁾ は小児へのPM植込みの工夫と成績ととらえるだけでなく、本体やリードの縮小化により次第に応用されるようになっている植込み型徐細動器(ICD)、心室再同期療法に用いるPMの植込みに際しても十分に応用ができる内容であると考えられる。PMに限らず、ICDや心室再同期療法に用いるPM(CRT(D))の小児への応用も拡大するなかで、本論文の腋窩への本体植込みや経胸腔心外膜アプローチの安定性と有用性データは、ICDやCRT(D)本体の植込みへ十分応用可能なものと考えられる。しかし、われわれ小児心臓血管外科医が携わることとなる小児へのPM植込み手術は単なる手技的なものだけではおさまらず、急性期の心機能への影響や遠隔期の dyssynchrony による心機能低下¹⁴⁾ も考慮した至適電極縫着位置を勘案した手術を行うことが今後の課題となってくる。

【参考文献】

- 1) 小坂由道, 麻生俊英, 武田裕子, ほか: 腋窩ポケット・経胸腔アプローチによる小児のペースメーカー治療: リード不全とポケット合併症を回避する工夫と中期遠隔成績. 日小循誌 2010; **27**: 98-104
- 2) Bar-Cohen Y, Berul CI, Alexander ME et al: Age, size, and lead factors alone do not predict venous obstruction in children and young adults with transvenous lead systems. J Cardiovasc Electrophysiol 2006; **17**: 754-759
- 3) Ayabakan C, Rosenthal E: Endocardial pacemaker implantation in neonates and Infants. Indian Pacing Electrophysiol J 2006; **6**: 57-62
- 4) Cohen MI, Rhodes LA, Spray TL, et al: Efficacy of prophylactic epicardial pacing leads in children and young adults. Ann Thorac Surg 2004; **78**: 197-203
- 5) O'Sullivan JJ, Jameson S, Gold R, et al: Endocardial pacemaker in children: Lead length and allowance for growth. PACE 1993; **16**: 267-271
- 6) Gheissari A, Hordof AJ, Spotnitz HM: Transvenous pacemakers in children: Relation of lead length to anticipated growth. Ann Thorac Surg 1991; **52**: 118-121
- 7) Papadopoulos N, Routhollapour A, Kleine P, et al: Long-term follow-up after steroid-eluting epicardial pacemaker implantation in young children: a single center experience. Europace 2010; **12**: 540-543
- 8) Udink ten Cate F, Breur J, Boramanand N, et al: Endocardial and epicardial steroid lead pacing in the neonatal and paediatric age group. Heart 2002; **88**: 392-396
- 9) Beaufort-Krol GCM, Mulder H, Nagelkerke D, et al: Comparison of longevity, pacing, and sensing characteristics of steroid-eluting epicardial versus conventional endocardial pacing leads in children. J Thorac Cardiovasc Surg 1999; **117**: 523-528
- 10) 木曾一誠, 廣谷 隆, 前原正明, ほか: 小児のペースメーカー植込み術の検討. 胸部外科 1990; **43**: 280-282
- 11) 岩 喬, 三崎拓郎, 川筋道雄, ほか: 乳幼児のペースメーカー胸膜外植込み. 胸部外科 1976; **29**: 264-268
- 12) 小田勝志, 安藤史隆, 岡本文雄, ほか: 小児期ペースメーカー植え込み症例の臨床的検討—腋窩皮下植え込み法の有用性—. 胸部外科 1993; **46**: 911-915
- 13) Westerman GR, Van Devanter SH: Transthoracic transatrial endocardial lead placement for permanent pacing. Ann Thorac Surg 1987; **43**: 445-446
- 14) Vanagt WY, Verbeek XA, Delhaas T, et al: Acute hemodynamic benefit of left ventricular apex pacing in children. Ann Thorac Surg 2005; **79**: 932-936