

植込み型除細動器「ICD」治療について

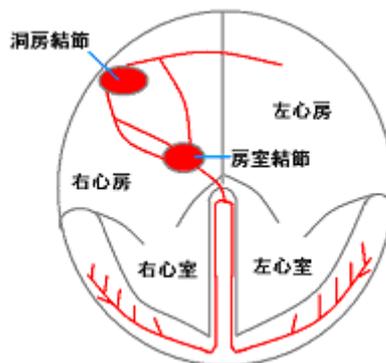
【はじめに】

心臓はこぶし大の大きさで、休みなく働きます。常に血液を送り出し、身体の細胞に酸素を供給する重要な臓器です。

心臓の内部は、4つの部屋に分かれています。それぞれを右心房、左心房、右心室、左心室と呼んでいます。部屋の左右は壁で、心房と心室は弁で仕切られています。心臓の壁は心筋という特殊な筋肉からできています。心筋が拡張と収縮を繰り返す結果、心臓が拍動し、血液が全身を循環しています。全身をめぐる血液は心臓の右心房に戻ります。その後血液は右心房から右心室へ入り、右心室の収縮によって肺へ送りこまれます。肺で酸素を取り込んだ血液は左心房に戻り、左心室から収縮によって全身に送り出されています。

この心筋を順序良く効率的に動かすために、心臓には電気信号を発生し、その信号を伝える電気システムがあります。この電気信号は右心房にある洞結節（とうけっせつ）と呼ばれる特殊な細胞の集まりから一定間隔で発生し、心筋内の電気経路を通じて伝達されます。心臓全体に伝わり心筋を刺激し規則的なポンプ活動が繰り返されています。

心筋内の電気経路



不整脈とは心臓の電気系統に異常が生じ、心臓の拍動が不規則になります。症状は動悸やめまいなど様々であり、重篤な不整脈では失神や突然死を起こすこともあります。

不整脈にはいろいろ種類があります。心臓が拍動する速度により、遅くなる徐脈性不整脈と、速くなる頻脈性不整脈に分けられます。さらに、頻脈性不整脈は発生する部位により分けられます。そして、心室に発生する頻脈性不整脈には心臓突然死を引き起こす「心室細動」と「心室頻拍」があります。

植込み型除細動器は一般的に「ICD」と呼ばれ、これは英文名「Implantable Cardioverter Defibrillator」の頭文字をとったものです。ICDは命に関わる重症の不整脈を電気刺激で治療するための体内植込み型の治療装置です。ICDは、心臓のリズムを常に監視し、生命を脅かすような不整脈を感知すると自動的に電気刺激を送るように設計されています。心臓突然死を防ぐために常に控えている「救急救命士」と考えてもよいでしょう。

適応症

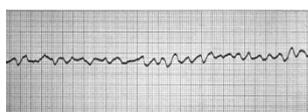
ICD は心室頻拍や心室細動といった命に関わる重症な不整脈を経験した患者さん、あるいはその可能性が高いと予測される患者さんが適応となります。これらの不整脈治療には薬物やカテーテル焼灼術などもありますが、ICD が最も効果的と言われています。

以下に、実際の心電図を示します。

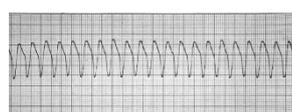
①正常



②心室細動



③心室頻拍



<心室細動>

突然心臓が一定のリズムで拍動できなくなり、心室の筋肉がばらばらに興奮を始めた状態を心室細動といいます。心電図を見ると正常な場合と大きく異なり、1 分間に 150～300 回と波の数が増え、その大きさや形も変化しています。

一度心室細動になると、心臓のポンプ機能は停止し、血液の流れが止まります。3～5 秒でめまいが起こり、5～15 秒で意識を失い、3～5 分続くと脳死の状態になるといわれています。心室細動がいったん起こると自然に回復することはほとんどなく、電気ショックをかけることにより治療します。

<心室頻拍>

正常な心筋の収縮リズムは洞結節（とうけっせつ）から作られて心房や心室に伝えられますが、心室の筋肉が勝手にリズムを作り出す病気もあります。1 分間に 100 回以上の拍動で、しかも 3 拍以上この異常なリズムが続くものを心室頻拍と呼びます。この不整脈が長く続くと、心臓がポンプの役目を十分に果たせなくなり、脳に送られる血液が減り、めまいや失神を起こしたり（アダムストークス発作といいます）、心不全の引き金となったりする危険な不整脈です。心室頻拍に続いて、心室細動が起こる場合もあります。

この不整脈を止める治療には、薬物投与や不整脈より速い速度で心臓に刺激を与える方法がありますが、心室細動と同じように電気ショックが極めて有効です。

治療の目的

不整脈を予防するものではありませんが、突然起こる心室細動や心室頻拍を自動的に検知し、即座に電気治療を行って心臓の動きを正常に戻し、発作による突然死を防ぎます。

有効性

ICD は心室頻拍や心室細動といった命に関わる重症な不整脈を経験した患者さん、あるいはその可能性が高いと予測される患者さんが適応となります。これらの不整脈には ICD の他に薬物やカテーテル焼灼術などもありますが、ICD が最も効果的と言われています。

特に、心筋梗塞や心筋症が原因で心機能が著しく低下し、重症な不整脈が起こりやすい場合、ICD 治療は従来の薬物治療と比べ、死亡率を 23～55% 低下すると報告されています。

しかし、ICD 治療を行った場合でも、突然死を完全に防止できるわけではありません。電

気治療が正常に行われても不整脈が戻らない場合や、一旦戻っても繰り返し発生する場合、または、不整脈をきっかけに心不全が悪化し死亡することが考えられます。

治療の内容

ICD の構造

ICD は、体内に植込まれる小型電子装置です。数センチ大の植込み型除細動器本体と、それにつながるリード線からできています。植込み型除細動器本体はチタン製であり、電池とマイクロコンピュータが搭載されています。リード線は除細動器本体から心臓へ電気刺激を伝え、また、心臓で発生している不整脈の情報を除細動器本体へ伝えます。心臓の状態により必要なリード線の本数は異なり、1本か2本となります。

ICD 本体とリード線



ICD の機能

ICD は常に心拍数を監視し、心拍数があらかじめ設定された基準を上回ると、状況に応じた治療が自動的に選択され行われます。ペースメーカーとしての機能も備わっており、脈が遅い時も作動します。

この装置によって不整脈を止める方法には、「ペーシング」と「電気ショック」の二つがあります。ペーシングは人工的に心臓を不整脈より少し速く刺激する方法です。動悸の症状は少し強くなりますが、これで不整脈が止まってくれば痛みは感じません。しかし、速い心室頻拍や心室細動はペーシングでは止まらないことがあり、その場合は電気ショックが必要になります。

電気ショックを行う場合、電池を充電して放出するまで約 10 秒かかりますので、状況によってはこの間に失神することもあります。

植え込みの実際

植込み方法

リード線を鎖骨（通常は左）の下の方の静脈に入れ、レントゲンで透視しながら静脈内をすすめ、先端を右心房、右心室へ挿入します。静脈の大きさや走行を確認するため、植え込み開始前に造影検査をおこないます。

植込み型除細動器本体は、鎖骨下方の胸部の皮膚を切開し、皮下や筋肉の下にポケットを作り、そこに埋め込みます。何らかの理由で左胸部に本体を埋め込めない場合には、右胸部や腹部に植え込むこともあります。

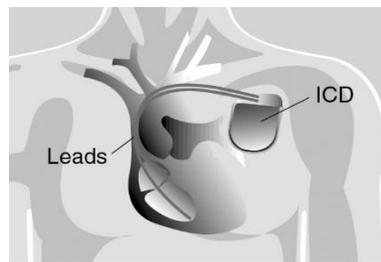
そして、植え込み後に心室細動を誘発し、ICD によってきちんと停止させられるかどうかを手術中に確かめる作業（誘発テスト）を行います。このテスト時には ICD の 10 倍近いエネルギーが出力できる「外付けの除細動器」をあらかじめ装着しておきます。これは ICD

からのショック・エネルギーでは心室細動が止まらないことが稀にあり、それに備えるためです。植え込んだ ICD では止まらないことが確認できた時には、静脈内にもう 1 本リード

の追加や、側腹部の皮下に皮下パッチ電極といわれる電極コイルのついたパッチ電極の追加が必要となります。

この植え込み術は、全身麻酔で行い、手術時間は3から4時間です。

ICD 植え込みの模式図



術後から退院まで

手術後は、感染、出血、血腫などが生じていないか、またリードの移動がないかなどを慎重に観察するため、採血、胸部レントゲン写真、24時間心電図を行います。そして、感染予防のため、抗生物質を1週間点滴します。抜糸は手術後7から10日です。退院前に、もう一度頻拍を誘発させて、ICDが正常に作動するか試験を行います。さらに、歩行試験を行ってICDの作動条件を調整します。以上に問題が無ければ、手術後約2週間で退院となります。

退院後の検査および生活について

①定期検診について

3～4カ月に1度検診を行います。電池の消耗度や発作が起こった時の作動の状況などをプログラマーという装置を使って調べます。この操作は外から電波を通して行われますので、痛みはまったくありません。

②ICD本体の交換について

ICDは内蔵されている電池で作動しています。したがってICD本体の交換時期は、電池の消耗(ICDがどのくらい電流を消費したか)の程度によって異なりますが、おおむね4～5年です。定期検診の際には、毎回電池の点検も行われますので、担当医師はこれにより、交換時期を判断します。交換の手術は、まず植込まれているICD本体上の皮膚を切開し、リードを本体から外します。そして、古いICD本体を取り出します。植込まれているリードが正常に作動しているかをチェックした後、新しいICD本体に接続します。リードが正常であれば、植替え手術の際にはICD本体だけの交換を行い、リードの交換を必要としません。また、新しいICDが交換前と同様に不整脈を止められるかを確認するために、初めて手術をしたときと同様に、人工的に頻拍を誘発させてICDが頻拍を止められることを試験します。

③電気製品使用について

電気製品を使う場合、直接からだに電気を通すもの、外へ強い電磁波を出すものは使用を避けてください。たとえば、使用中の電磁調理器に近寄ること、電極を貼るタイプの治

療器などを使うことには注意が必要です。また、30型のような大型テレビのブラウン管へ極端に近づくようなことは避けてください。電気毛布などは普通に使っている限り影響を与えないと思われませんが、長時間使用するものですから、できれば事前にふとんを温めてお

き、眠るときはコンセントを抜く方がよいでしょう。また、ICD は磁力に影響を受けます。植込み部に磁石などを近づけないようにしてください。

職場では、電動工具やアーク溶接器など強い電磁波を出すものがあり、使用が制限されることがあります。どれくらい離れば問題無いか調べる方法もあります。

④運動について

植込み後 1～3 カ月経過すれば、散歩や軽いジョギング、ゲートボールやプールの中を歩くなどの運動はもちろん、たいていの運動に制限はありません。ただし、ICD 本体を圧迫したり、リードに思わぬ力がかかったりする姿勢や運動には注意が必要です。たとえば、激しく体がぶつかる運動（柔道、ラグビーなど）や、ICD の植込み部位に近い腕の筋肉を続けて動かす運動（腕立て伏せ、鉄棒へのぶら下がりなど）も避けてください。腹部に ICD を植込んだ場合には、腹部をこすったり圧迫したりするような運動は控えた方がよいでしょう。

⑤運転について

車やバイクの運転などにはある程度の制限がつくことはやむを得ません。状況によっては運転が許可される場合もありますので、主治医によく相談してください。しかし、タクシー、バス、トラックなどの運転を生業とすることは残念ながら不可能です。運転中に万一発作が生じた場合、多くの人を巻き込む重大な事故に発展する恐れがあるからです。

⑥医療器具について

MRI（磁気共鳴画像法）は強い磁場を発生し、ICD を損傷する危険があり使用できません。他に、高エネルギー放射線、結石破碎装置、CT 検査で影響を受ける場合があります。

治療の危険性

ICD 植えこみ手術には、以下の重大合併症が発生する可能性があります。

①手術死亡

手術中や手術後早期の死亡率は 0.74%と報告されています。主な原因は、不整脈、心不全、感染症などです。誘発テストで発生した心室細動や心室頻拍が元に戻らず死亡した例もあります。

②リード（電線）穿孔

静脈や心臓の中でリードを進める際に、血管の壁、あるいは心臓の壁をリードが貫通して起きます。穿孔の結果、心臓周囲へ出血しショック状態となり、緊急手術が必要となる場合があります。

③心タンポナーデ（心臓周囲への出血）

心臓の周囲は心嚢と呼ばれる袋で被われています。リードを進める際にリードで血管の壁や心臓の壁を穿孔したり、また、リードの先端を心臓筋に固定するために使用するらせん状の針で心臓の壁を穿通して、心嚢へ出血することがあります。出血量が多い場合には心臓の動きが制限され、血圧が低下します。手術中あるいは手術後数日して判明する場合があります。

④感染

ICD 本体や電極リードの細菌感染が 1.2%で発生すると報告されています。細菌が血液の中に入り込み全身に広がる場合（敗血症）もあります。治療のため、感染した本体やリードを取り除き、抗生物質を長期間使います。

リード線は時間経過に伴い、強く心筋に固定されるため、感染したリードを取り除くため

外科手術が必要なことがあります。

⑤気胸

注射針が肺に達することがあり、その刺した部分から空気がもれ、胸の中に空気がたまり肺が縮むことがあります。まれに、リードの先端を心臓に固定するために使用するらせん状の針が原因になることもあります。

⑥血胸

血管の壁や心臓の壁の損傷で出血し、血が胸の中に溜まる場合があります。

⑦空気塞栓症

胸の中にある静脈の血圧は、息を吸い込むとき、大気圧よりも一時的に陰圧となります。リードを静脈に入れる際に空気が静脈に入り込み、肺の血管（肺動脈）が空気で詰まる場合があります。

⑧出血、血腫

皮膚の下に植え込まれた ICD 本体の周囲に出血し、血腫と呼ばれる血液の塊ができる場合があります。5%に発生するとの報告があります。血腫が大きい場合、皮膚を切開し取り除く場合があります。出血量が多く、貧血が強い場合には輸血が必要になります。

⑨リードの離脱、移動

手術が終了した後に、リードの先端が心臓内壁の組織から抜けてしまい、ICD が正常に作動なくなることがあります。再手術が必要になります。

⑩薬剤アレルギー

手術に使用する麻酔薬、造影剤、抗生物質がショック症状や重症喘息を引き起こすことがあります。造影剤の場合、25000 回に 1 回の割合で死亡を含む重篤な副作用が発生します。

退院後に生じる可能性のある合併症

①感染

ICD 植え込み後、数ヶ月あるいは 1 年以上経過してから ICD 本体や電極リードの感染を生じることがあります。治療のため、感染した本体やリードを取り除き、抗生物質を長期間使います。

リード線は時間経過に伴い、強く心筋に固定されるため、感染したリードを取り除くため外科手術が必要なことがあります。

②不適切作動

ICD は、心拍数が設定以上に速くなった場合、不整脈が発生したと判断し治療を開始します。心房細動、心房粗動、心房頻拍といった他の不整脈や、発熱や運動により心拍数が速くなった場合、ICD が心室頻拍や心室細動が発生したものとみなして不必要な通電が起

こることがあります。この場合は、誤作動の原因となる不整脈の治療を行ったり、本体の設定を変更します。約 3 割の人に発生する可能性があります。

③ICD 植え込み部位の皮膚の壊死

植え込んだ ICD が皮膚を圧迫するため、皮膚の血行障害が起こり壊死を起こすことがあります。ICD が皮膚から出てきたり、感染の原因となります。

④血栓塞栓症および静脈血栓症

静脈および心臓内のリードの周囲に血の塊（血栓）ができることがあります。このため胸の鎖骨の近くにある鎖骨下静脈、心臓に直接つながっている上大静脈、肺の血管（肺動脈）が血栓で詰まることがあります。

⑤リードの絶縁被膜損傷および断線

リードの構造は中心部に金属の電線があり、その周囲が絶縁物質で被われています。電気信号が血液中に漏電しないように造られています。絶縁被膜の劣化や、肋骨と鎖骨による長期間の圧迫等による被膜損傷や断線が発生する場合があります、ICD が適切に作動しなくなるため、再手術が必要になります。

⑥心筋変化に伴う作動異常

ICD はリード周囲の心筋が発生する電気信号波形を常時監視し、不整脈が起きたかどうか判定します。リード植え込み後、時間経過とともにリード周囲の心筋に変化が起こり、心筋が発生する電気信号波形が大きく変わることがあります。ICD がこの電気信号波形を正しく判定できなくなる場合があります、再手術になることがあります。

⑦リードの離脱、移動

リードの先端が心臓内壁の組織から抜けてしまい、ICD が正常に作動しなくなることがあります。手術後、3-5 ヶ月すると、リードの先端は心臓の組織にしっかりと癒着して抜けにくくなります。しかし、手術後3 ヶ月以内に、腕を使った激しい運動をしたことにより、リードの先端の固定が外れることがあります。また、極めて稀ですが3 ヶ月以降に起きることもあります。

⑧刺激閾値の上昇

ICD はペースメーカー機能も備わっており、脈が遅い時にはその機能が作動します。ペースメーカーから出た電気信号は、リードを通じ心臓の一部へ伝わります。そして、心臓の一部が活動を始めます。さらに、その部分から電気信号が発生し心臓全体に伝わります。ペースメーカーから出た電気信号が心臓全体に伝わるために必要な最も小さい電気信号の強さを刺激閾値と呼んでいます。通常、ペースメーカーを植え込んだ後、リード周囲の心臓に生体反応が起こります。このため、植え込み直後に比べ植え込み後2週間前後から刺激閾値が上昇します。また、心臓病が悪化した場合も同様の状態となります。通常は、ペースメーカーから出る電気信号の強さを調整することで解決できますが、まれに調整範囲を超えて刺激閾値が上昇することがあります。この場合、再手術の必要があります。

⑨胸筋刺激および横隔膜刺激

リードから送り出された電気信号が心臓以外へ伝わり、筋肉や神経を刺激することがあります。ICD 周囲にある胸の筋肉や横隔膜が電気信号のリズムに合わせてピクピク動きます。

⑩三尖弁逆流

心臓は血液を送り出すためのポンプとして働いています。そして、心臓には血液が一方向だけに流れるようにする装置「弁」があります。ICD のリードは右心室に固定されるため、リードが右心房と右心室の間にある「弁」三尖弁を通過する必要があります。このため、リードが三尖弁の機能を障害し、血液の流れが逆方向にも流れる場合があります。重度の逆流が発生した場合、手術が必要となる場合があります。

⑪外科手術によるリード除去

ICD 植え込み後、リードは時間経過に伴い心筋にしっかり固定されます。リードの絶縁被膜損傷および断線、刺激閾値の上昇などで新たなリードの植え込みが必要な場合、不要となったリードはそのまま心臓の中に残しておくことがあります。リードを引きぬく場合、心臓の壁に穴が開くことがあるからです。その結果、心臓に複数のリードが植えこまれた状態になり、静脈血栓症や三尖弁逆流が起こりやすくなります。この場合、外科手術でリードを取り除くことがあります。

⑫精神的影響

退院後、ICD 患者さんの約半数で頻拍が発生し、ICD による治療が行われます。また、治療が必要でない状況で ICD が作動してしまうこと（誤作動）もあります。もし意識がある状態で電気ショックが発生しますと、痛みを感じます。特に誤作動時のショックによる症状は強いと言われています。ショック時の痛みの程度には、かなりの個人差がありますが、多くの患者さんは胸をけられたようだとおっしゃいます。そのため、いつ電気ショックが起こるか心配で、強い不安状態に陥ることがあります。