

健康で長生きするために

知っておきたい

循環器病あれこれ

164

カテーテル治療の進歩

— 冠動脈疾患・弁膜症・不整脈 —



公益財団法人 循環器病研究振興財団

はじめに

公益財団法人 循環器病研究振興財団 理事長 北村 惣一郎

公益財団法人循環器病研究振興財団が主に国立循環器病研究センターの医師の執筆協力を得て発刊を開始した「健康で長生きするために一知っておきたい循環器病あれこれ」は、当財団の目標とする「循環器病予防と制圧」を具体的に分かりやすく示す広報誌で、すでに25年間継続されている事業になります。この間、発刊にご協力を賜りました各社、各位に感謝申し上げます。

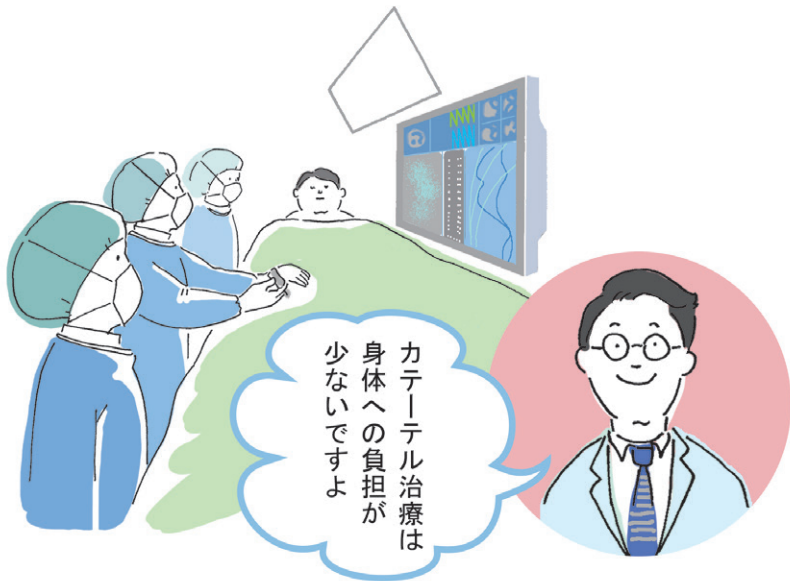
さて、2018年12月の国会において『健康寿命の延伸等を図るための脳卒中、心臓病その他の循環器病に係る対策に関する基本法』が成立いたしました。循環器病の予防、生活習慣の改善、医療機関では良質かつ適正な医療、福祉に係るサービス提供など循環器病医療が大きく変革する可能性を秘めています。本法の成立により、地方自治体を含めた関連事業が活発化すると思われます。当財団も循環器病等に関する啓発および知識の普及等に協力するよう努めて参ります。

長寿国日本として、高齢者社会に伴う医療費・介護費の高騰に加えて、認知症の増加、高齢者一人暮らし世帯の増加、若い世帯数の減少などにより、日本が誇りにしている社会保障制度が崩壊しかねないという危機感が高まっています。対策の第一は、国民一人一人の予防への努力です。国民、企業体、医療関係者、地方自治体の努力を新しい「脳卒中・循環器病対策基本法」が支援・後押ししてくれるでしょう。

まずは、私共一人一人が生活習慣病や循環器病を知り、「健康長寿」に関心を払うことが重要です。当財団は、循環器病治療の最前線や健康寿命の延伸に関する種々の研究を支援し、皆様一人一人にこのノウハウをお伝えする努力をして参ります。また、医療は医療者と患者さんの信頼関係を基盤としますので、患者さんにも現代医療を知って頂くことが大切です。本誌はこの仲介をするものとして御好評を頂いて参りました。

当財団は皆様の健康の増進に寄与する目標を掲げ、ご寄付により活動を続けています。スマートフォンから簡単にできる「つながる募金」もありますので、巻末の説明をご覧ください。ご支援をお願い申し上げます。

カテーテルの進歩で治療の選択肢が広がった



もくじ

はじめに	2
1. 冠動脈疾患のカテーテル治療	
冠動脈疾患とは	2
冠動脈疾患の治療法	3
狭心症・心筋梗塞の経皮的冠動脈形成術	3
冠動脈形成術後の薬物療法	7
カテーテル治療とバイパス手術の比較	8
2. 弁膜症のカテーテル治療	
大動脈弁狭窄症とは	9
大動脈弁狭窄症の治療法	9
経カテーテル大動脈弁留置術	10
3. 不整脈のカテーテル治療	
心房細動とは	11
心房細動の治療法	11
心房細動のカテーテルアブレーション治療	12
左心耳閉鎖デバイス	15
終わりに	15

カテーテル治療の進歩

— 冠動脈疾患・弁膜症・不整脈 —

国立循環器病研究センター 心臓血管内科部門冠疾患科 医長 高木 健督
心臓血管内科部門不整脈科 医長 宮本 康二
心臓血管内科部門長 副院長 草野 研吾

はじめに

病気の治療法と言えば、薬を飲む内科治療と、体にメスを入れて手術する外科治療の二つを思い浮かべる人は多いでしょう。しかし、近年は「第三の治療法、とでも言える方法が普及してきました。それが、柔らかい細い管（カテーテル）を体内に挿入して患部を治す「カテーテル治療」です。

この治療法が開発されたのは50年近く前ですが、年々機器が改良され、方法も進歩したことから治療対象となる病気が拡大し、循環器病領域では、なくてはならない治療の選択肢の一つとなりました。医療の世界では患者さんの身体に負担が少ないことを「低侵襲」という言葉を使いますが、カテーテル治療はまさに低侵襲治療の代表格で、今後ますます広がっていくと思われます。

今回は、心臓病の中でカテーテル治療が行われている冠動脈疾患、弁膜症、不整脈の三つの病気について、カテーテル治療の実際や最近の進歩、他の治療法との比較などを解説します。

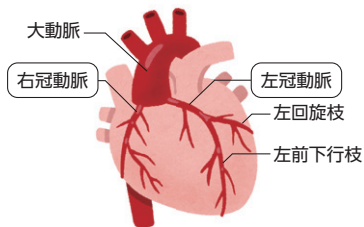
1. 冠動脈疾患のカテーテル治療

冠動脈疾患とは

冠動脈疾患は、狭心症や心筋梗塞といった病気の総称です。心臓は大部分が筋肉（心筋）からできていて、その心筋がポンプのように収縮と拡張を繰り返しながら全身に血液を送り出しています。心筋を動かすのに必要な酸素と栄養を供給するため、心臓の外側を冠状に囲むように走っている血管を冠動脈と言います。右側に1本、左側に2本あります（図1）。

この血管の内部が狭くなったり、詰まったりして心筋に十分な酸素や栄養を送れなくなる病気が冠動脈疾患です。虚血性心疾患とも言います。酸素や栄養が一時的に不足するのが狭心症で、完全に詰まって心筋が壊死してしまうのが心筋梗塞です。主な原因は動脈硬化です。症状としては、胸の痛みや圧迫感、時には吐き気、冷や汗、失神などを起こします。

図1 冠動脈



冠動脈疾患の治療法

基本は薬物療法になります。狭心症や心筋梗塞を起こしたら生活習慣の改善に取り組みながら、発作を予防する薬などで薬物治療を始めます。しかし、重い場合や薬で改善が十分得られない場合は、冠動脈カテーテル治療が冠動脈バイパス手術が選択肢となります。

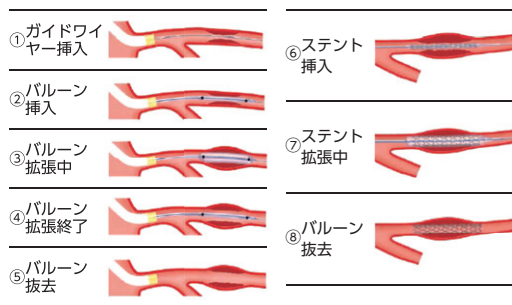
カテーテル治療は冠動脈の狭くなったり、詰まったりした部分にカテーテルを用いて広げ、血流を改善する治療法で「経皮的冠動脈形成術（Percutaneous Coronary Intervention＝PCI）」と言います。一方、バイパス手術は、狭くなった血管を迂回するように別の血管をつなぎ、狭窄部分の先に十分な血液が届くようにする手術です。つなぐ血管（グラフト）は患者さんの体の別の部位から採取したものを使います。開胸するため患者さんに負担が大きく、高齢だとか、他に重い病気がある時などは実施が難しい場合があります。

狭心症・心筋梗塞の経皮的冠動脈形成術

冠動脈疾患へのカテーテル治療は1977年に世界で初めて行われ、当初はバルーン（風船）を用いて冠動脈を広げるだけの単純なものでしたが、現在は〈図2〉の①～⑧に示したような形で実施されるのが一般的です。

局所麻酔で手首、足の付け根、ひじの動脈から直径数ミリのカテーテルを冠動脈の入り口まで挿入し、そのカテーテルを通して糸のような細く柔らかい針金（ガイドワイヤー）を冠動脈内に入れます。次にガイドワイヤーを使ってバルーンを膨らまし、狭窄部を広げます。さらに、「ステント」と呼ばれる筒状の金網

図2 経皮的冠動脈形成術(PCI)



を入れて広げ、留置する方法が今は主流です。ステントは、風船で広げた部分が再び狭くなる「再狭窄」を防ぐため1990年代に登場しました。

近年はカテーテル機器（デバイス）が改良され、治療法も進歩しつつあります。こういった新しい動向をいくつか紹介しましょう。

①治療適応を判断する方法の進歩

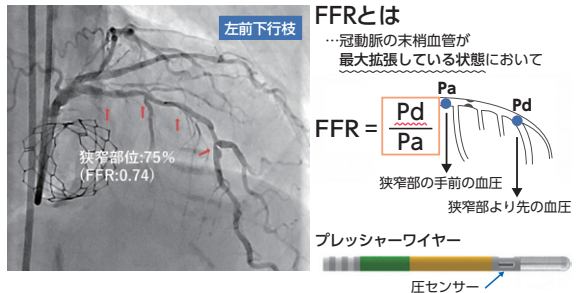
冠動脈カテーテル治療が適応かどうかを判断する方法は、この10年間で大きく変化しました。狭心症・心筋梗塞の患者さんにカテーテル治療をするか、バイパス手術をするか決めるには「心臓カテーテル検査（冠動脈造影検査）」が欠かせません。カテーテルを使って冠動脈内に造影剤を注

入し、エックス線で撮影します。その画像を見れば狭窄がどの血管のどの部分にあり、狭窄の程度もわかります。

しかし、狭窄病変によって血流量がどのくらい阻害され、病変がある血管が支配している心筋の組織や細胞に、どの程度血液が供給されていない状態（虚血状態）なのかまではわかりませんでした。このため、狭窄がそれほど強くない中等度狭窄の場合や、狭窄を認める部分が複数ある場合に、狭くなっている部分が実際に症状の原因になっているか判断できないことがありました。

そうした時に最近「心筋血流予備量比（fractional flow reserve＝FFR）」という指標を活用しています。冠動脈造影検査の後に、先端にセンサーが付いたワイヤーで冠動脈狭窄部分の前と後ろ2カ所の内圧を測り、その圧の比から血流量の低下を算出するものです（図3）。この指標を使うことで、カテーテル治療などが、本当に必要な狭窄なのかを判断することが可能になりました。ただし、急性心筋梗塞といった急性期には使用できません。

図3 心筋血流予備量比(FFR)



②カテーテル機器の進歩

●薬剤溶出性ステント（drug eluting stent＝DES）

ステントは1990年代から使われ始めたと述べましたが、ステントを留置しても20～30%の頻度で再狭窄が起き、課題となっていました。その解決策として2000年代に登場したのが薬剤溶出性ステントです。ステントの金網の表面に再狭窄を予防する効果がある薬剤をコーティングしたものです。2010年代に入ってさらに改良した第二世代、第三世代のDESが出現して再狭窄はぐっと減り、ステントの中に血栓ができて血管が詰まってしまう「遅発性ステント血栓症」も減りました。現在、わが国の患者さんに使われているステントの大部分はDESになっています。

薬剤溶出性ステントにコーティングされている薬は、免疫抑制剤のシロリムス（商品名：ラパマイシン）や抗がん剤のパクリタキセル（同：Taxol®）などです。再狭窄を起こす要因の一つとして、血管の内皮細胞が免疫反応によって増殖することが考えられおり、シロリムスやパクリタキセルはその増殖を抑制する作用があります。

シロリムスは、イースター島の土から見つかった放線菌「ストレプトマイセス・ハイグロスコピクス」が分泌する物質で、もともと抗真菌薬として開発されましたが、強力な免疫抑制作用と細胞増殖抑制作用があることから、腎臓移植後の免疫抑制剤として用いられていました。パクリタキセル

ルは、タイハイヨウイチイの樹皮から単離された化合物で、主にかん治療に用いられる有糸分裂阻害剤です。細胞の微小管構造に作用し、細胞分裂を抑制することで、細胞増殖を防ぐ効果があります。

シロリムスを使ったDESは、その効果の持続性と安全性の点からパクリタキセルを使ったものより優れているとされています。現在ではシロリムスの類似体であるエベロリムス、ゾタロリムス、バイオリムス、ノボリムスなどが開発され、DESの主流となっています。

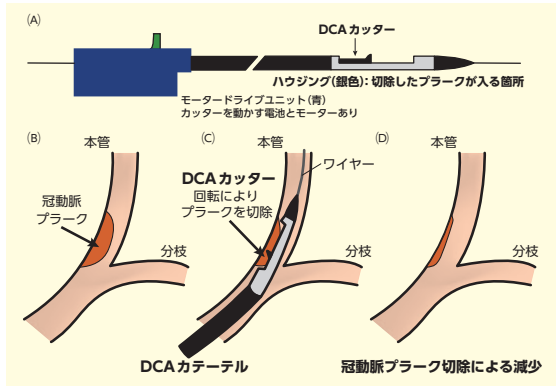
薬剤溶出性ステントを冠動脈内に留置しても再狭窄はゼロにはならず、1～3%程度は同じ場所が再び狭くなることがあります。再狭窄した時は、同様にPCI治療をします。喫煙を続けていたり、血栓ができにくくする薬の服用を途中で止めたりする人は再狭窄しやすいとされています。また、人工透析中の人、重度の糖尿病を患っている人、血管が重度の石灰化を起こしている人、再治療の人は、再狭窄率が他の人と比較し高くなります。このため、再狭窄の可能性が高い方や再狭窄を繰り返す方は冠動脈バイパス手術も選択肢となります。

● **方向性冠動脈アテレクトミー (Directional coronary atherectomy=DCA)**

DCAは、ステントなどを用いずに動脈硬化巣(プラーク)を直接切除することで、血液が十分流れる血管内腔を確保するカテーテル治療法です。

機器は、プラークを切除するカッター、切除したプラークを収納するハウジング、カッターを動かす電池とモーターがあるモータードライブから構成されています。ガイドワイヤーを通して狭窄部に機器を挿入させ、カッターを回転させながらプラークを切り取ります(図4の(A)～(D))。

図4 方向性冠動脈アテレクトミー(DCA)



DCAは動脈硬化巣が血管の片側に偏っている場合に効率よく治療できる特徴があります。また、ステントでは拡張が難しい冠動脈の入口(大動脈から分岐する部分)や血管の分岐部に病変がある場合に効果的と言われています。

分岐部病変の患者を、ステントを用いずにDCAか、後で述べます薬剤溶出性バルーンで治療した国内16施設の調査結果では、DCA治療後12か月で再治療が必要だったのは3.1%と良好でした。このためDCAカテーテル治療は、左の冠動脈の太い部分(左主幹部)から2本に枝分かれする入口(前下行枝近位部)における重要な治療手段として位置づけられています(図1)。

●薬剤コーティッドバルーン（drug-coated Balloon=DCB）

DCBは、バルーンを冠動脈狭窄部に挿入して広げた時、血管壁に再狭窄を抑制する作用がある薬剤が付着するように作られた薬剤溶出性バルーンです（図5）。使用する薬剤はDES（薬剤溶出性ステント）と同じシロリムスやパクリタキセルですが、パクリタキセルを使うものが主流です。

DCBは血管内に異物を残さない治療のため、血管に本来ある生理的な機能が保

たれ、これが長期開存に寄与するのではないかと期待されています。また、患者さんに負担が少ない非侵襲的検査法の冠動脈CT検査で容易にフォローでき、将来のバイパス手術も可能であることから、金属ステントにはない長期的メリットを持つ治療として注目されています。

薬剤溶出性ステントは非常に優れた臨床成績を示しているため経皮的冠動脈形成術の中心機器は依然としてDESですが、一部の臨床試験では、DCBはDESと遜色ない治療成績を示しており、わが国でもDCBの使用頻度は増加傾向にあります。

●ロータブレード、ダイヤモンドバック

ロータブレードは、先端にダイヤモンド粒子をちりばめた高速回転ドリルで冠動脈の狭窄病変を削り取る機器です（図6の左）。動脈硬化薬にカルシウムが沈着して硬くなっている高度石灰化病変に対して主に使われます。ダイヤモンドバックも同様な病変に対する治療機器です。先端より少し下にクラウンと呼ばれるダイヤモンドで構成された部分があり、このクラウンが軌道回転します。軌道回転することでクラウンサイズより大きく削ることができ、前方向だけでなく、後方向に引いても削れるのが特徴です（図6の右）。

近年は石灰化病変に対し、ロータブレード、ダイヤモンドバック、後で述べますショックウェーブの3種類の機器が使用できるようになり、病変の性状にて分けて治療を行っています。

図5 薬剤コーティッドバルーン(DCB)

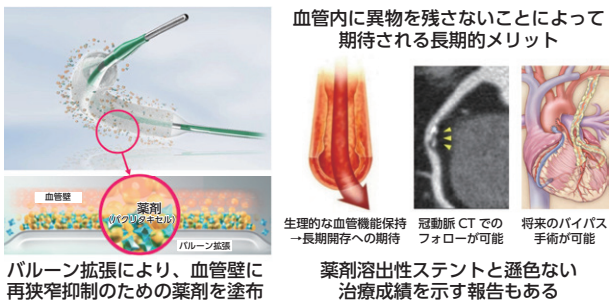


図6 ロータブレード(左)、ダイヤモンドバック(右)

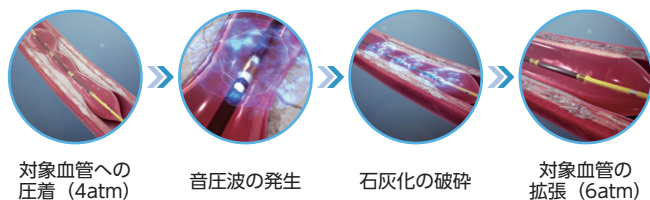


●冠動脈の血管内破碎術 (intravascular lithotripsy=IVL、ショックウェーブ)

一体型のバルーン内部で高速音圧波を発生させることで、血管内の石灰化病変を破碎させる新しい技術です。対象血管にバルーンを通過させた後、低圧でバルーンを拡張して病変部に圧着させます。その状態でパルスボタンを押すと、1秒間に1パルス、1サイクルで10パルスの衝撃波が発生し、石灰化を破碎できます。その後、バルーンをさらに拡張し、病変部の拡がりを確認します〈図7〉。これまでの除去機器と比べると比較的シンプルな施術で利用できます。

また、石灰化病変のくずが末梢血管に詰まる末梢塞栓のリスクが低いため、安全性に優れた機器と言えます。

図7 冠動脈の血管内破碎術(IVL)



冠動脈形成術後の薬物療法

①抗血小板療法

経皮的冠動脈形成術では、DES（薬剤溶出性ステント）が広く使われていることはすでに述べました。第一世代DESの登場後、ステントに血栓ができて詰まる遅発性ステント血栓症が問題となりましたが、現在使われている第二世代以降のDESでは、機器の改良に伴いステント血栓症は大幅に減少しました。

このため、治療後の再発防止や、血栓予防を目的とした抗血小板薬2剤を使う抗血小板療法（DAPT）の服用期間を短くすることが可能になりました。一方、抗血小板薬には血が止まりにくくなる副作用があることから、出血がもとで亡くなる方がいます。こうした出血による死亡率を下げる意味でもDAPT期間短縮化の流れが進んでいます。

日本循環器学会が2020年3月に、冠動脈疾患患者の抗血栓療法のガイドラインを出しました。この中で日本人の特性を考慮した日本版高出血リスク（HBR）基準が提唱されました。高年齢、腎機能障害、低体重といった高出血リスク患者では、抗血小板療法を行う期間は（抗凝固薬を服用していなければ）1～3か月、非HBR患者でも血栓リスクが低ければ1～3か月、血栓リスクが高い場合は3～12か月とすることを勧め、出血リスクを評価した上での短期DAPTの指針を明確に打ち出しました。

抗血小板薬は主にアスピリンとP2Y12受容体拮抗薬を使いますが、ガイドラインでは、短期DAPT後に1剤の抗血小板療法に移行する時にはP2Y12受容体拮抗薬を考慮するとしています。

また、不整脈の心房細動などのために、抗凝固薬（血液凝固因子を抑える薬）が外せない患者さんが冠動脈形成術を受けた場合は、抗凝固薬にDAPTを加えた3剤併用療法はカテーテル治療前後の期間（2週間以内）とし、その後1年までは抗凝固薬にP2Y12受容体拮抗薬を加えた2剤併用療法を行い、1年以降は抗血小板薬を中止して、抗凝固薬単独とすることを勧めています。

②脂質管理について

冠動脈疾患を発症させない一次予防にも、疾患を再発させない二次予防にも、動脈硬化の原因となる血液中の脂分をコントロールする脂質低下療法が重要とされています。2017年の日本動脈硬化学会ガイドラインでは、冠動脈疾患二次予防の脂質管理目標として、ハイリスク患者（心筋梗塞などの急性冠症候群、家族性高コレステロール血症、複数の危険因子を持つ糖尿病患者など）は、悪玉コレステロールと言われるLDLコレステロールの血中の値を70mg/dl以下にすることを推奨しています。

また、2019年のヨーロッパ心臓病学会のガイドラインでは、冠動脈疾患患者は「超ハイリスク患者」と位置付けられ、その二次予防の目標値はLDLコレステロール55mg/dl以下とすることを提唱しています。一次予防の目標値でも、超ハイリスク患者は55mg/dl以下、ハイリスク患者は70mg/dl以下とするなど、積極的な脂質低下療法を勧める流れが明確になってきています。

コレステロール低下薬は従来スタチン、エゼチミブに加え、PCSK9阻害薬も利用可能になっており、これらの薬剤を使って経過を良好に保つ最適な薬物療法を行う重要性が強調されています。

カテーテル治療とバイパス手術の比較

経皮的冠動脈形成術（冠動脈カテーテル治療）は、機器の進歩によって治療成績は非常に向上しました。冠動脈バイパス手術と比べ、患者さんの体に負担が少ない低侵襲治療で、治療期間が短くてすむのが大きなメリットです。しかし、複数の狭窄病変がある場合には数回に分けて行う必要があり、再狭窄を起こす可能性が高くなることがデメリットです。

一般的に長期治療成績はバイパス手術の方がカテーテル治療と比較して優れていることが報告されています。このため、治療方針は一人の医師が決めるのではなく、心臓内科医、心臓外科医を含むハートチームが症例ごとに患者さんの意向踏まえ多角的に検討し、カテーテル手術、バイパス手術、薬物療法の中から最適な治療法を選ぶことが大切です。

2. 弁膜症のカテーテル治療

心臓には左心房、左心室、右心房、右心室と四つの部屋があり、左右の心房と心室の出口には、扉のような「弁膜（弁）」が付いています。これ

らの弁が順番に開いたり、閉じたりすることで血液の流れを一方方向に維持し、逆流を防いでいます。

心臓内の血液の流れはこうです。まず、全身に酸素を送り届けた血液(静脈血)は右心房に帰ってきます。戻ってきた静脈血は酸素を補給するために右心室から肺へ送られます。肺で酸素を取り込んだ血液(動脈血)は左心房に戻り、その動脈血は左心室から全身に送り出されます。

弁膜症(心臓弁膜症)は、逆流を防ぐ役目の弁が何らかの原因で故障し、こうした血液の流れが滞ってしまう病気です。故障しやすいのは、左心房と左心室の間にある僧帽弁と、左心室の出口にある大動脈弁です。病気としては僧帽弁がしっかり閉じない「僧帽弁閉鎖不全症」と、大動脈弁が開きにくくなる「大動脈弁狭窄症」が多くみられます。ここではカテーテル治療が進んでいる後者を取り上げます。

大動脈弁狭窄症とは

大動脈弁は、全身に送り出した血液が心臓に逆流しないよう3枚の弁が組み合わさり、大きく開き、しっかり閉じる仕組みになっています。この弁が加齢などにより石灰化して硬くなり、弁が開きにくくなることで、血液の流れが妨げられてしまう病気を大動脈弁狭窄症と言います。

原因には先天性と後天性があり、以前はリウマチ熱が主な原因でしたが、抗生物質の普及で減少しました。現在は加齢による変性や石灰化が原因の多くを占め、高齢化が進むにつれて増えています。大動脈弁狭窄症は、最初は心臓の弁の病気ですが、進行すると心臓を動かす筋力が障害され、心臓全体の病気になります。この状態になると、弁の治療だけでは心筋の障害は回復せず、心臓は正常に働かなくなります。

心臓弁膜症は自然に治らないため、早期の診断と治療が大切です。息切れや胸の痛みなどが主な症状ですが、症状があまり出ないこともあり、検診などで医師が心臓の聴診をした時に見つかるケースが少なくありません。診断は心臓超音波検査などで容易につけられます。

大動脈弁狭窄症の治療法

大動脈弁狭窄症の治療法は、症状がどれだけ進行しているかによって変わります。症状が軽い場合は、薬による内科治療となりますが、症状を緩和する、または進行を遅らせることが目的となり、狭くなっている大動脈弁の根本的な改善にはなりません。そのため、症状が重度の場合は、手術によって狭くなった大動脈弁を取り替える治療が必要になります。人工の弁に取り替える手術として、代表的な治療法は「大動脈弁置換術」という開胸して行う手術です。

この手術は、人工心肺装置を使用して心臓と肺を一時的に停止し、狭窄し

ている大動脈弁を人工弁に取り替えるものです。安全な手術ですが、開胸など侵襲性が高く、人工心肺装置を用いるために患者さんへ負担を強いることになり、高齢者、がんの術後やステロイド内服中の人、透析中の人、肺や肝臓、腎臓などに重い病気を持つ人らに実施が難しい場合があります。そのような患者さんを対象に、低侵襲な治療法として開発されたのが「経カテーテル大動脈弁留置術（Transcatheter Aortic Valve Implantation=TAVI）」です。

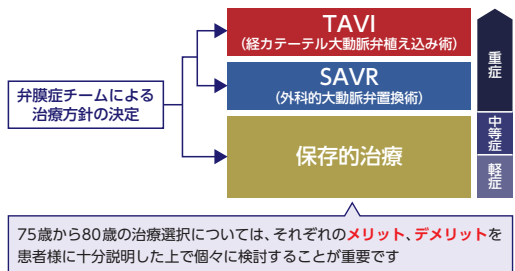
経カテーテル大動脈弁留置術

TAVIは、重症以上の大動脈弁狭窄症に対するカテーテル治療法として、2013年10月から医療保険で行われています。開胸することなく、心臓を止めることなく、太ももの付け根などの血管からカテーテルを使って人工弁（牛や豚の組織など生体材料で作った生体弁）を患者さんの心臓まで運び、留置する手術です。傷口が小さく、人工心肺装置を使用しなくて済むことから、体への負担が少なく、入院期間も短いのが特徴です。

このカテーテル治療は、良好な治療成績を受けて適応が拡大し、80歳以上の患者さんに対する標準的な治療となっています。75歳以上であっても、心臓の内部構造にTAVIリスクがなければ、ハートチーム、患者さんと十分な検討のもと治療を行うことがあります（図8）。

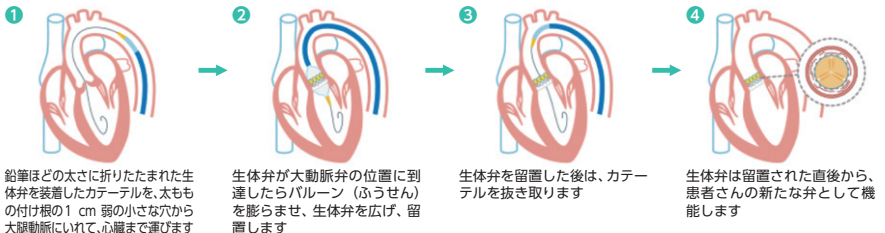
現在、TAVIは足の付け根からの治療（経大腿動脈アプローチ）が90%を占めており、使用できる人工弁は3種類あります（図9）。造影CT検査で心臓を撮影した後、患者さんの血管の形に合わせて、治療アプローチや使用する弁を決定します。

図8 大動脈狭窄症の治療方針の決定



参照：日本循環器学会 / 日本胸部外科学会 / 日本血管外科学会 / 日本心臓血管外科学会合同ガイドライン2020年改定版弁膜症治療のガイドラインより作図

図9 TAVIの経大腿動脈アプローチ



TAVI治療についてもっと知りたい方は ☎ ☎ ☎

TAVI Transcatheter Aortic Valve Implantation
経カテーテル大動脈弁留置術

<https://www.ncvc.go.jp/static/tavi/>



患者さん向け tavi-web

<https://tavi-web.com/>

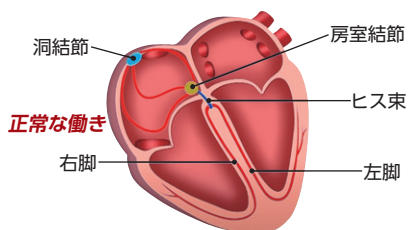


3. 不整脈のカテーテル治療

私たちの心臓は、一定のリズムで動いています。心臓がこのように動くのは、心臓内に規則的に電気が流れ、その電気で心臓の筋肉が動く仕組みになっているからです。右心房の上にある「洞結節」と呼ばれる部分から電気信号が発生し、左右の心房を収縮させた後、「房室結節」という中継地点を経て左右の心室に流れ、動脈血を全身に送る心室を収縮させます〈図10〉。心臓は通常、1分間に50～100回の頻度で収縮しています。

しかし、心臓内の別の場所から異常な電気信号が発生し、一定のリズムで動いている心臓の動きを乱すことがあります、それを不整脈と言います。不整脈には、脈が速くなるタイプ、脈が遅くなるタイプ、予定されていないタイミングで脈が生じるタイプと、いくつかの種類があります。ここでは脈が速くなるタイプで、カテーテル治療が対象となる心房細動を取り上げます。

図10 心臓内の電気の流れ



心房細動とは

肺で酸素を受け取った血液は、肺静脈と呼ばれる4本の血管を通して心臓の左心房に送られています。心房細動では多くの場合、この肺静脈から異常な電気信号が発生することが分かっており、異常電気信号をきっかけに心房内の電気の流れが乱れ、それに伴い心臓全体が動くリズムも不規則になります。

主な症状は動悸、息切れ、めまいなどですが、症状が出ないこともあります。また、心臓内の血液の流れが悪くなることで血の塊（血栓）ができ、その血栓が心臓から流れ出て、頭や手足の血管に詰まって脳梗塞などの塞栓症を引き起こすことがあります。診断には心電図検査が必須です。ただ、発作が時々しか起こらない人は検出が難しく、そういう時は長時間心電図を記録できる小型の装置を体に付けて調べます。

心房細動の有病率は年齢が高くなるほど上昇し、2010年から超高齢社会（65歳以上の割合が人口の21%以上）になっている日本でも有病率が年々アップしており、現在、70万～100万人の患者さんがいると推定されています。

心房細動の治療法

弁膜症、心筋症、心筋梗塞や甲状腺機能亢進症など他の病気で心房細動が起きている場合は、その病気の治療を優先させます。原因疾患がな

く、かつ症状もない時は治療が必要でないこともあります。動悸などの症状がある場合は治療が必要です。

治療法の一つは薬物療法です。先ほど脳梗塞の引き金になることがあると述べましたが、脳梗塞の中でも重症になりやすく、時には命に関わる「心房性脳塞栓症」を起こす恐れがあります。このため、その発症を予防する薬を服用する抗凝固療法を行います。いわゆる血液をサラサラにする薬です。抗凝固薬はこれまでワルファリンしかありませんでしたが、現在は他にも4種類の薬があります。また、心房細動を停止させる、または発生を予防する抗不整脈薬や、心房細動発作時に心拍数が多い場合には、心拍数調整薬を使います。

しかし、薬物療法は血栓を予防したり、発作を抑えたりはできますが、根治治療ではありません。根本的に治す方法として開胸手術もありますが、近年は、カテーテルを用いて異常な電気信号が発生する肺静脈と肺静脈がつながる左心房の間の心筋を焼灼する治療法「肺静脈の電氣的隔離術」が多く行われています。焼灼することをアブレーション(ablation)と言い、「カテーテルアブレーション治療」とも呼ばれています。

心房細動のカテーテルアブレーション治療

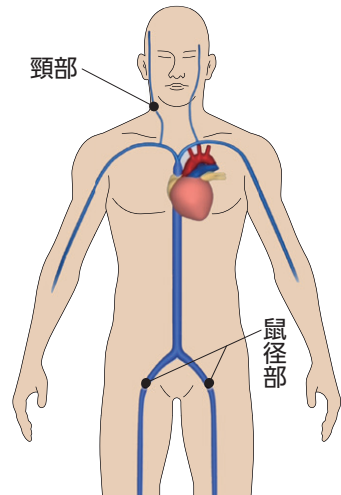
1998年、肺静脈から生じた異常な電気信号が左心房へ伝わらないようにする肺静脈の電氣的隔離術によって心房細動の発作を抑制できることが報告されました。それ以降、この隔離術を含む心房細動のカテーテル治療は全世界に普及し、現在、わが国では心房細動に対するカテーテルアブレーションが年間約7万件実施されています。

具体的な治療の仕方は、局所麻酔で〈図11〉に示した鼠径部の静脈にシースと呼ばれる筒を留置し、そのシースを通してカテーテルを挿入します。その後、カテーテルを左心房まで進めて電氣的隔離術を行います。その方法には大きく分けて二つあります。一つは高周波通電で心筋を焼灼する「高周波アブレーション」、もう一つは風船状のバルーンを用いて電氣的隔離を行う「バルーンアブレーション」です。

①高周波アブレーション

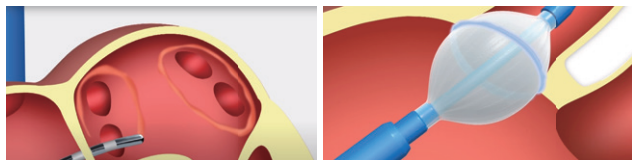
高周波アブレーションでは、心臓に接触させたカテーテルの先端と体の表面(患者さんの背中など)に貼付した対極

図11 心房細動のカテーテルアブレーション治療



板との間に電流を流すことで心筋に焼灼巣を作ります<図12の左>。この方法は、肺静脈の電氣的隔離が始まった当初から行われている医療技術ですが、術式・機器は年々改良されています。

図12 高周波アブレーション(左)とバルーンアブレーション(右)



現在は、心房の形状やカテーテルの位置が三次元的に表示される三次元マッピングシステム、血栓形成を抑えるためにカテーテル先端を冷水で灌流しながら焼灼するイリゲーションシステム、カテーテルの先端がどれくらいの高周波で心筋と接触しているかがわかるコンタクトフォース機能などがあり、高周波アブレーションの有効性・安全性は向上しています。

心筋に電氣的隔離のための焼灼巣を形成するのに要する熱は、50℃が一つの目安とされています。つまり、心筋組織に50℃以上の熱を加えれば不整脈抑制効果が出る焼灼巣ができます。高周波アブレーションでは、直径が2～3ミリのカテーテルを用いて肺静脈と左心房の間を1カ所ずつ焼灼する作業が欠かせず、左右の肺静脈隔離を行うには50～100回程度(1回20～30秒)の通電を行う必要があります。

②バルーンアブレーション

2014年から風船状のバルーン(直径約30ミリ)を用いて肺静脈の電氣的解離術を行うバルーンアブレーションが登場しました<図12の右>。現在、このアブレーションにはクライオバルーン、ホットバルーン、レーザーバルーンの3種類があります。バルーンアブレーションは、肺静脈径がそれほど拡大していない発作性心房細動(7日以内に発作が治まるタイプ)に行われることが多いですが、近年は持続性心房細動(7日以上発作が続くタイプ)にも徐々に使われ始めています。

●クライオバルーンアブレーション

亜酸化窒素ガス(冷却剤)を利用するもので、カテーテル先端のバルーン内で気化したガスが心筋組織から熱を奪うことで治療効果を発揮します。肺静脈の入口にバルーンカテーテルを留置して冷却します。通常は一つの肺静脈当たり約180秒の冷却を1(～複数)回行うだけで電氣的隔離が完成します。施術はシンプルで操作する時間は短く、約1時間で焼灼が完了します。また、施術者間や施設間で成績の差が少ないことも特徴です。

バルーンの直径は28ミリと23ミリのものがありますが、2023年からは一つのバルーンで28ミリと31ミリに大きさを変えることができるものも登場し、より大きな肺静脈に対してもバルーンアブレーションができるようになってきました。クライオバルーンアブレーションはこの約10年間に日本だけで11万例以上の症例で使用されています。

●ホットバルーンアブレーション

バルーン内部のコイル電極と体表面の対極板の間に高周波電流が流れます。すると、バルーン内部のコイル電極でバルーン充填液、そしてバルーン表面が温められ、その熱によって心筋が焼灼されます。

心筋組織に接するバルーン表面の温度は均一となっており、表面に接触している心筋組織の温度は約60℃となります。現行のホットバルーンは、バルーン表面温度の指標となるバルーン内液温度をモニタリングしながら温度を調整することで有効性が増しており、また高温になり過ぎないようになっています。

このアブレーションの特徴の一つは、バルーンが柔らかいため、様々な形状の肺静脈に適合でき、またバルーンを心筋組織に広い範囲で接触させることができます。バルーン充填液の注入量を調整することでバルーンを最大33ミリまで拡張できるため、径の大きな肺静脈に対しても使用することが可能です。

●レーザーバルーンアブレーション

バルーン内部から波長980ミリのレーザーを肺静脈と左心房の間に照射していきます。特徴は、バルーン内部の内視鏡ファイバーで、バルーンと心筋組織の接触具合やレーザー照射部位をリアルタイムに直接見ることができる点です。アブレーション中には、レーザーの出力や焼灼時間などがモニタリングできます。照射部位はバルーン内で自由に変更でき、内視鏡画像と照準光を確認しながら肺静脈の入口部分に対し、円周上に連続的にレーザー焼灼を行います。また、左房静脈の内部構造や周辺組織に応じてレーザーエネルギーの出力も調整できることも、他のバルーンシステムにはない利点です。

なお、ホットバルーンと同様にバルーンの柔軟性が高いため、一つのサイズのバルーンで様々な形状や大きさの肺静脈に適合できます。バルーンサイズは施術者の手で調整可能で、推奨されている肺静脈径は7～41ミリと幅広く、多様な肺静脈での焼灼が可能です。

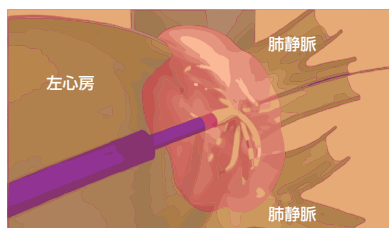
③パルスフィールドアブレーション

新しいメカニズムのアブレーション治療として近年注目されているアブレーションシステムで、日本でも2024年に臨床使用が開始される予定です。

このシステムは、瞬間的な高電圧で形成された電界に細胞がさらされると、心筋細胞の脂質二重膜構造に穴が開き、その穴が大きくなると不可逆的な

変化となって心筋細胞の細胞死が引き起こされる、という現象を利用しています〈**図13**〉。肺静脈と左心房の間に2～3秒間の高電圧を8回程度かけることで、肺静脈の電氣的隔離が完成します。

図13 パルスフィールドアブレーション



肺静脈の電氣的隔離術のターゲットとなる心筋細胞は、血管の平滑筋細胞や神経細胞などよりもパルスフィールドによる細胞死を起こす閾値が低いので、心筋細胞への選択性の高い焼灼が可能になります。従って従来のアブレーションの問題の一つだった、焼灼部や冷却部に近接する食道や横隔神経への障害が、パルスフィールドアブレーションでは起こりにくいと考えられています。

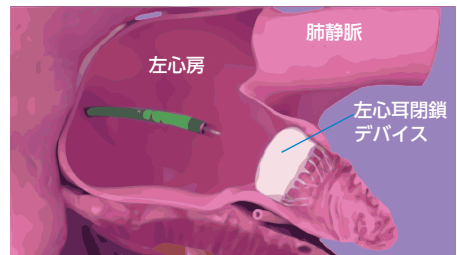
この新アブレーションは安全性が高いとみられることから、今後、高周波やバルーンを使ったアブレーションにとってかわる可能性はありますが、実際の臨床現場での有効性・安全性に関する情報はまだ十分とは言えません。パルスフィールドアブレーションを含め、どの患者さんにどのアブレーション技術を用いるかは今後の課題です。

左心耳閉鎖デバイス

これまで述べてきましたように、カテーテルアブレーションは進歩を続け、有効性や安全性は向上していますが、心房細動が長期間持続した患者さんなどでは、アブレーションによる心房細動の抑制が難しいことがあります。

そうした場合、心房細動を止めるのではなく、「左心耳」と呼ばれる心房の中で血栓ができやすい部分を、カテーテルを用いて閉鎖する医療機器（左心耳閉鎖デバイスは〈図14〉）が、数年前から日本でも使用できるようになっています。左心耳閉鎖術は、以前は外科的にしか行うことができませんでしたが、現在はこのようにカテーテル治療でもできるように進化しています。

図14 左心耳閉鎖デバイス



終わりに

冠動脈疾患、弁膜症、不整脈の三つの心臓病について、近年これらの病気に対して盛んに行われているカテーテル治療の実際を、他の治療法との比較も含め説明しました。外科的な手術にすべてとってかわるものではありませんが、治療の選択肢が広がったことはご理解いただけたと思います。何より患者さんの身体に負担が少ない優しい治療法です。今後、さらに機器の改良や方法の改善によってますます進歩していくと考えています。

もし、今回取り上げた心臓病になられた場合、ご自身がどのような方法で治したいか、カテーテル治療を含めた選択可能な治療法について、医療チームからそれぞれのメリット、デメリットをよくお聞きになって決めていただけたらと思っています。

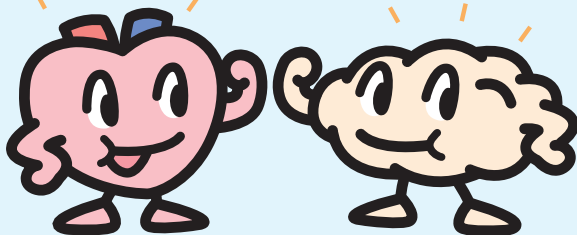
「知っておきたい循環器病あれこれ」は、シリーズとして定期的に刊行しています。国立循環器病研究センター2階 外来フロアー総合案内の後方に置いてありますが、当財団ホームページ (<https://www.jcvrf.jp>) では、過去のバックナンバー全てをご覧になれます。

冊子をご希望の方は、電話で在庫を確認のうえ、郵送でお申し込み下さい。

- ⑬⑨ 循環器病の「ハートチーム」医療
- ⑬⑩ 心房細動治療の最前線
- ⑬⑪ 循環器病と妊娠・出産
- ⑬⑫ 大動脈解離治療の最前線
- ⑬⑬ がんと心臓病—なぜいま「腫瘍循環器学」なのか
- ⑬⑭ 循環器病と新型コロナウイルス感染症—「対コロナ、withコロナ、へー
- ⑬⑮ コロナ禍に挑む国循の新研究—新鋭エクモと高性能マスク
- ⑬⑯ 血栓をどう防ぐか…抗血栓療法の前線
- ⑬⑰ 高齢者に増える循環器病…早期発見のポイントは?
- ⑬⑱ 循環器病を予防する…コロナ禍だからこそ
- ⑬⑲ 最新型ペースメーカーと植え込み型除細動器—仕組みや治療の実際~
- ⑬⑳ 人工心臓で生きる—公的医療保険適用で永久使用の時代に~
- ⑬㉑ より長く元気に活躍できる社会の実現に向けて—脳卒中・循環器病対策基本法と循環器病対策推進基本計画について~
- ⑬㉒ 若い人にも起こる認知症~若年性認知症の原因と対処法~
- ⑬㉓ 災害時における循環器病~エコノミクス症候群とたこほ心筋症~
- ⑬㉔ 思わぬ原因の高血压~腎血管性高血压と原発性アルドステロン症~
- ⑬㉕ 肺高血压症はどんな病気?~その原因と治療法の進歩~
- ⑬㉖ 脳卒中・心筋梗塞の前触れと早期対策
- ⑬㉗ 進心臓弁膜症のカテーテル治療
- ⑬㉘ 心臓病の予防法と負担の少ない治療法
- ⑬㉙ 脳卒中で倒れないためのリスク管理
- ⑬㉚ 「口は災いの元、—むし歯・歯周病と脳卒中の危ない関係—
- ⑬㉛ 腸内細菌と循環器病
- ⑬㉜ 新しい循環器病治療薬—心不全・高血压・糖尿病の薬を中心に—
- ⑬㉝ 進化続けるCTスキャンの話—その発展の歴史と夢の最新型登場まで—

皆様の浄財で循環器病征圧のための研究が進みます

循環器病の征圧にお力添えを!



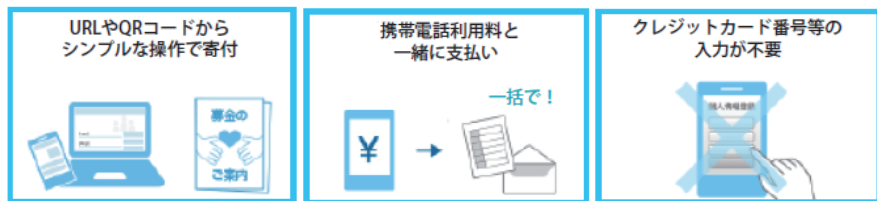
税制上の特典があります

【募金要綱】

- 募金の目的 循環器病に関する研究を助成、奨励するとともに、最新の診断・治療方法の普及を促進して、国民の健康と福祉の増進に寄与する
- 税制上の取り扱い 法人寄付：一般の寄付金の損金算入限度額とは別枠で、特別に損金算入限度額が認められます。
個人寄付：「所得税控除」か「税額控除」のいずれかを選択できます。
相続税：非課税
※詳細は最寄りの税務署まで税理士にお問い合わせ下さい。
- お申し込み 電話またはFAXで当財団事務局へお申し込み下さい
事務局：〒564-0027 大阪府吹田市朝日町1番301-3 (吹田さんくす1番館)
TEL.06-6319-8456 FAX.06-6319-8650

つながる募金

ソフトバンク株式会社が提供する『つながる募金』により QRコード等からのシンプルな操作で、循環器病研究振興財団にご寄付いただけます。



【ソフトバンクのスマートフォン以外をご利用の場合】

- ・クレジットカードでのお支払いとなるため、クレジットカード番号等の入力が必要です。
- ・継続期間を1ヵ月（1回）、3ヵ月、6ヵ月、12ヵ月から選択することができます。寄付期間を選択して寄付されている場合、途中で寄付の停止や寄付期間の変更はできません。

下記QRコードを読み取って頂くと
寄付画面に移行します。



ソフトバンクの
スマートフォン



ソフトバンク
以外

【領収書の発行について】

領収書は、1,000円以上のご寄付について発行させていただきます。

領収書の発行を希望される場合は、ご寄付のお申込み後「団体からの領収書を希望する」ボタンを押してお手続きください。

※1回（単発）ごとのご寄付の領収書はお申込日から2～3ヶ月後を目処に、毎月継続のご寄付の場合はその年の1月～12月分を翌年2月中旬までにお送りします。

※領収書の日付は、ソフトバンク株式会社から当財団へ入金があった日とさせていただきます。

循環器病研究振興財団は1987年に厚生大臣（当時）の認可を受け、「特定公益増進法人」として設立されましたが、2008年の新公益法人法の施行に伴い、2012年4月から「公益財団法人循環器病研究振興財団」として再出発しました。当財団は、脳卒中・心臓病・高血圧症など循環器病の征圧を目指し、研究の助成や、新しい情報の提供・予防啓発活動などを続けています。

知っておきたい循環器病あれこれ ⑯

カテーテル治療の進歩 — 冠動脈疾患・弁膜症・不整脈 —

2024年5月1日発行

発行者 公益財団法人 循環器病研究振興財団

編集協力 関西ライターズ・クラブ 印刷 株式会社 新聞印刷

本書の内容の一部、あるいは全部を無断で複写・複製・引用することは、法律で認められた場合を除き、著作権者、発行者の権利侵害になります。あらかじめ当財団に複写・複製・引用の許諾をお求めください。



この冊子は循環器病チャリティーゴルフ（読売テレビほか主催）と協賛会社からの基金をもとに発行したものです

協 賛

順不同



第一三共株式会社



Boehringer
Ingelheim

日本ベーリンガーインゲルハイム株式会社

一生涯のパートナー

第一生命

 Dai-ichi Life Group

 NIPRO



JCRF

公益財団法人 循環器病研究振興財団

Japan Cardiovascular Research Foundation