1. 人工心臓の現状

人工心臓においては血液ポンプの機能、血液適合性、耐久性、駆動装置の機能と耐久性などハードウェアの問題点のほかに、システム全体をいかに制御するかというソフトウェアの問題も同時にからんでくるため、完成度を評価するのはきわめて難しく、人工心臓を装着した動物がどれだけ長期間正常に生存し得るかが唯一の総合評価となってきた。このため、欧米および我が国の各施設で長期生存を目指した動物実験にしのぎがけずられ、1984年、当施設でヤギで記録した344日間の生存が動物実験では世界最長生存記録となっている。しかし、1983年米国では、未完成部分が多く残されていることを承知の上で半永久使用の名目で人工心臓を臨床に使うことに踏み切り、これまで5例の臨床応用を行なった。驚くべきことに、そのうち2人がすでに一年を越えて生存している。これに勢いを得て、最近では心臓移植を受ける患者に、心臓提供者が見つかるまでのつなぎとして人工心臓を装着することが米国各地で試みられるに至っている。

しかし、これら人工心臓を装着された患者が正常に回復し生存しているかという点必ずしもそうではなく、半永久使用型人工心臓を受けた5人の患者はいずれも数回の脳血栓の発作に襲われ言語障害や腎不全に陥っている。このように現在の人工心臓はまだ未完成の部分が多く、材料の分野のみを考えても以下に示すような問題点が残されている。

2. 血栓形成

セグメント化ポリウレタンやAycothane（シリコン変性ポリウレタン）の登場により人工心臓の抗血栓性は著しく向上し、ポンプの流体力学的デザインの改良なども加わって、ポンプ内に大きな血栓を生じることとはほとんどなくなった。しかし、弁やコネクターなどポンプとの継ぎ目の部分には微小の段差ができるために、そこに血栓が形成されることが多い。どこまで一体に成形できるかが今後の一つの課題である。

3. カルシウム沈着

動物実験で4ヵ月以上生存したものの多くには、ポンプ材料表面にカルシウムとリンがハイドロキシアパタイトの形で沈着し、サックやダイヤフラムの硬化による破損や血栓形成の誘発など、それが死因となる場合が多く、血栓以上に注目されている。しかも、カルシウム沈着は、応力が集中する部分に好発するという以外にはそのメカニズムや原因がはっきりせず、今後

写真=当施設で人工心臓で344日間の世界最長生存を記録したヤギ

の問題である。

4. 耐久性

ポンプの耐久性は、使用した材料本来の疲労限度、デザインの不良による応力集中、弁などエレメントの破損、材料の成形技術の不良などによって決定される。1984年の米国ユタ大学の報告では、過去5年間に150例の動物実験を行ない、その3割に何らかの破損を生じその半数がそれが原因で死亡したという。現在、主として使用されているセグメント化ポリウレタンは、その耐久限度が2~3年といわれており、人工心臓が最終の目標としている5~10年とは大きなへだたりがある。

5. 新しい材料の開発と評価

人工心臓用の材料の難しい点は血液適合性と耐久性、さらには複雑な形状を容易に成形できる成形性を同時に満足していなければならないことで、Biomer（ポリテトラメチレングリコールをベースとするセグメント化ポリウレタン）やAycothane（現在Cardiothane）以後新しい材料が出ないのもそこに原因がある。そんな中でフッ素化セグメントポリウレタン（旭硝子）は、Aycothaneと同程度の抗血栓性とBiomerの2倍の引張強度を有し、人工心臓用材料として期待されている。

従来、新しい材料開発や評価において、動物実験で簡単、確実に材料の抗血栓性の差異を見いだす実験方法がなかったが、最近、著者らは、人工心臓を材料のテスターとして使う研究を始めている。一つのポンプの中にスポット状に数個の材料を塗布し、動物に一定期間装着することによって、同じ血液状態の中で比較をする方法である。

井街 宏 Kou Imachi（東京大学医学部医用電子研究施設・文部教官 助手、専門＝人工心臓、医用材料、医用工学）