新型人工肺の開発

Newly Developed Artificial Lung

穴澤 孝典

Takanori Anazawa

人工肺は、心臓や肺の手術に際して使用される人工心肺の中の血液のガス交換を行う部分をいう。

現在もっとも一般的な人工肺は、隔膜として中空糸型のポリプロピレン多孔質膜を用いたもので、膜のそれぞれの側に血液と酸素を流し、膜に存在する細孔を通して血液に酸素を供給し、炭酸ガスを除去するものである。膜が疎水性であるため、多孔質膜であっても液体は膜を透過しない。しかし長時間使用すると、血中蛋白等

が膜表面に付着して疎水性が徐々に失われ、血漿（赤血球以外の血液成分）による細孔の閉塞や血漿の漏洩が生じるため、使用時間は約10時間が限界であった¹⁾。

今回、(株)クラレと共同開発した人工肺は、長期間の使用が可能でありかつ小型という、いわゆる次世代型人工肺である^{1)~4)}。

本人工肺の第1の構造上の特徴は、隔膜として、当社で開発された溶融成膜法による気体分離膜を使用していることである。溶融成膜法は、結晶性ポリマーを溶融押出し・結晶化・延伸・熱固定することにより製膜する方法で、溶融成形時の膜表面と内部の温度差を利用して非対称構造を形成するという、新しい製膜方法である^{1),5),6)}。得られた膜は、孔径約0.1 μm の細孔をもつ多孔質膜の外表面に、厚み約0.5 μm の、細孔のない緻密層が形成されている（写真1）。気体は緻密層に溶解し、緻密層中を拡散して透過するが、液体はこの緻密層により遮断されるため、血漿の漏洩などは生じない。緻密層が存在しても、酸素および炭酸ガスの膜透過抵抗は、血液側の境膜抵抗に比べて十分小さい。

本膜は、ポリオレフィンであるポリ（4-メチル-1-ペンテン）を素材とするため補体活性が少ないこと、溶融成形であるため不純物残留の恐れがないこと、緻密層と多孔質層が同素材で一体成形されているため剝離の恐れがなく信頼性が高いことなどの特徴を有する

図1 新型人工肺の構造

写真1 不均質膜の断面構造（外表面付近）

ため、特に医療用に適している。

本人工肺の第2の構造上の特徴は、血液を中空糸膜の外側に、中空糸膜と直行する向きに流す構造を採用したことである（図1）。これにより血液側に攪拌効果を与え、ガス交換効率を向上させるとともに、血液側の圧力損失を小さくして溶血を防いでいる。

これらの構造により、本人工肺は3週間以上の連続使用が可能になると共に、充てんされる血液容量が、従来品の半分以上の約180 ml（成人用）にまで小型化された。これは体外へ取り出す血液量が少なくて済み、輸血量を節約できることを意味する。

本人工肺は、これらの特徴を生かして、呼吸不全新生児用などのECMO（体外式心肺補助）⁷⁾としても使用され始めている。

文 献

- 1) 赤須弘幸, 穴澤孝典: 生体材料, 8 [3] 141 (1990)
- 2) 道井洋吏ら: 人工臓器, 20 [3] 1114 (1991)
- 3) E. Tatsumi, et al.: Trans Am. Soc. Artif. Intern. Organs, 36, M489 (1990)
- 4) 特開平1-104271
- 5) 特開昭59-196706
- 6) 穴澤孝典, 高武正義: Polym. Preprints Japan, 39 [3] 704 (1990)
- 7) 森岡 亨, 寺崎秀則: 集中治療, 3 [3] 213 (1991)

(大日本インキ化学工業(株) 総合研究所・主任研究員, 高分子研究3プロジェクトリーダー, 専門=高分子構造, 分離膜)