5.3 医療用材料としてのアクリル系ポリマー

丹 沢 宏

医療用材料として多くの高分子が用いられているが、アクリル系ポリマーを使用した医療器材としては、表1のようなものがある。これらの中には随分昔から使われていたものもあれば、最近めざましい進展を示しているものもある。その中から2, 3のものについての現状を簡単に説明する。

表1 アクリル系ポリマーの医療用途

<u>Polymethyl methacrylate</u>	
人工骨, 人工気管, 人工関節などの補綴材料	
義眼, 義耳など整形材料	
義歯, 義床その他歯科材料	
コンタクトレンズ	
組織包埋材	
<u>Acrylic Hydrogels</u>	
人工尿管, 人工胆管	
血管内カテーテル類	
血液透析用メンブラン, 酸素化メンブラン	
ソフトコンタクトレンズ	
<u>α-Alkyl Cyanoacrylate</u>	
外科用接着剤	

歯科材料

ポリメチルメタクリレートはその透明性, 固さ, 着色性などの点から, 義歯, 義歯床, 歯の欠損部修復用のレジンとして古くから利用されている。この場合はいわば一品生産であるから, 成型品として提供されるのではなく, 成型用材料として市販されている。その要点は, ポリマーのビーズとモノマーとが別々に与えられていて, 必要な時にそれらを混合し, 適当な粘稠液に調整した上で型に流し込んだり, 塗りつけたりして, そのまま重合させるものである。ポリマービーズの分子量は通常の成型品よりも低いものが好ましく(数万以下), その分子量やサイズが成型時の作業性に著しく影響を及ぼす。

重合は義歯床の場合はある程度の加熱重合が許されるが, 欠損歯の修復の場合は常温で速に行なわれることが好ましく, しかも比較的水分の多い場で行なわれるため, 重合開始剤などに種々の工夫がなされている。最

近では珪素系の触媒を用いることによって, PMMA系の樹脂を直接に本来の歯の表面にコートすることが可能となり, 虫歯の予防に合成ポリマーが役立つようになるかも知れない。

コンタクトレンズ

ポリメチルメタクリレートは合成高分子の中で最も光学的性質がすぐれ, しかも固くて加工も容易なため早くからコンタクトレンズの素材として用いられてきた。コンタクトレンズは外部での使用のため, 比較的生体からの影響を受けにくいので, 重点は生体適合性よりも, レンズの設計, 加工ならびに fitting の処法にある。直径8~12mm, 厚さ0.1~0.2mmのレンズを直接角膜の上のせて視力が十分あり, 目の中央部からずれないようにフィットし, しかも装脱着が容易でなくてはならない。人間の角膜の曲率は各人異なるし, タテとヨコとでも違っている。したがってレンズデザイン特に周辺エッジ部分の形と仕上げが装用感には特に重要である。しかし現在これらはほとんど技術が確立された状況にあり, むしろいかにレンズを安価につくるかが, これからの課題となろう。

以上はハードコンタクトレンズと呼ばれているものであるが, これに対し最近ソフトコンタクトレンズと呼ばれるものが開発されだしてきた。そのねらいは装用感の改良にあることは勿論であるが, さらに長期連続装用を可能にしたいということが重要な要素となっている。角膜は生きているので, 表面から酸素の補給を必要とする。現在のハードコンタクトレンズではどうしてもそれが不十分なので, 夜就寝時には取りはずす必要がある。もし連続的に装用したままでいられるならば, それは人工の角膜に一步近づいたことになる。そこで酸素の透過性のよいシリコンなどが考えられたが, これはレンズ加工などの点からまだ十分なものとはあられていない。

ポリヒドロキシエチルメタクリレート(Poly-HEMA)は透明で加工しやすく, しかも水中では膨潤してやわらかくなるので, ソフトコンタクトレンズの材料として最適であるとして最初に手がけられた。現在市場に出まわっている製品の大部分はこのPoly-HEMAを主体として, これに共重合などの改良をしたものである。しかしこれらの製品の欠点は機械的強度が弱く破壊しやすいこ

Acrylic Polymers for Biomedical Materials

HIROSHI TANZAWA

Basic Research Laboratory, Toray Industries Inc.

Chief Research Associate

東レ(株)基礎研究所 研究主幹(工博)

とと、水中での含水率も40%程度であるため、酸素の透過性は十分でなく、装用感も改良されているが、連続装用は無理であり、その上殺菌法などに問題がある。そこで最近ではこれらの点の改良に力が入られ、ビニルピロリドンとメタクリレート系との共重合体を中心とした高含水率(70%以上)で機械的強度のあるものが試作され始めている。

しかし連続装用のためには、涙中のタンパクや脂質その他の諸物質の吸着とか汚染など多くの問題があり、これらをすべて解決するためにはまだかなりの時間が必要であるように思われる。余談であるが含水率70%のソフトコンタクトレンズの患者さんに渡す最終価格を単純計算するとポリマー1kgあたり約2億円である。

血液透析用メンブラン

現在人工腎臓と言われているものは、血液を濾過と透析することによって、体液の調整と最終代謝産物の除去を行なう装置のことである。これによって急性腎不全のみならず慢性腎不全の患者さんも尿毒症から免れ、延命し得るにいたった。人工腎臓の主要部であるダイヤライザーの形体については種々の工夫がなされてきたが、そのメンブランの材質については長い間ほとんどセルロース系のものが用いられてきた。その理由は勿論水中で半透性を有するゲルメンブランをつくるのにセルロース系が最も適しており、入手しやすいことにもよるが、尿素のような低分子物質の膜透過性は膜そのものよりも血液と膜との境界における透過抵抗の方が律速になりやすく、そのためメンブランの改良よりもダイヤライザーのデザインの改良の方に重点がおかれてきた。しかしながら、ダイヤライザーの進歩や透析療法のめざましい進展とともに、膜性能に対する要求も多様化し、再度新しい膜素材の開発が行なわれるようになってきた。そのひとつとして、現在のセルロース系のものよりももう少し濾過性能(水の除去量)がよく、比較的分子量の高い物質の透析性を高めたものが望まれている。

メンブランの素材としてはHydrogelが好ましいため、Poly-HEMAのような親水性アクリル系ポリマーメンブランが種々研究されたが、まだ製品化にいたったものはないようである。むしろポリアクリロニトリルとか、

PMMAのような疎水性ポリマーをメンブラン化すると、従来のセルロース系メンブランよりも水の抜けや中分子量物質の透析性がよくなることがわかり、このようなメンブランを用いたダイヤライザーが製品化されつつある。これらのメンブランの透析性能の比較の一部を図1に示す。なお従来のダイヤライザーではフィルム状のメンブランが用いられていたのに対し、最近では中空糸状のメンブランを用いたダイヤライザーが好まれるようになり、繊維メーカーが人工腎臓を手がけるキッカケとなった。

図1 各種Hollow Fiber型ダイヤライザーの透析能の分子量依存性

カテーテル、カニューレ類

体内留置カテーテル類にはきびしい生体適合性が要求される。従来これらの素材としてはポリエチレン、テフロン、シリコンなどが使用されてきたが、最近では親水性の方が生体なじみやすいのではないかという考えのもとに、Poly-HEMAを始め各種Hydrogelの高分子からつくられたチューブが人工尿道、人工胆管を始め、血管内留置カテーテルなどに使われ始めているようである。しかしながら、生体内では非常にきびしい環境条件の影響を受けやすく、特に血液や体液と接して使用される場合には多くの問題が未解決のまま残っているので、アクリル系ポリマーがそのままもしくは色々と組合されてこの分野の用途に最適なものと言えるかどうかはまだ不明である。

(昭和51年9月20日受理)