

의료용 섬유소재 개발 동향

김영진

대구가톨릭대학교 의공학과

1. 서 론

섬유소재는 인간의 역사와 문화의 한 부분을 이루며 과학기술 발전과 함께 성장하여 왔으며, 섬유소재 중에서도 그 중요성과 성장이 획기적으로 증가하고 있는 분야가 의료용 섬유로서 인체치료용과 헬스케어/위생용품 관련 분야이다. 특히 최근 우리의 생활 문화수준이 향상되면서 건강에 대한 관심이 증대되고 있으며, 환경오염 등의 문제로 인한 불안이 청결하고 쾌적한 삶의 추구로 이어지고 있으므로 이러한 소비자의 요구가 섬유제품에 반영되어 의료용 섬유 제품의 개발의 필요성이 더욱 증가하고 있다.

의료용 섬유란 의료기기 및 의약외품의 핵심 부품소재로 사용되며 모든 생명활동에 직간접적으로 적용되는 모든 섬유상의 소재 및 제품을 말한다. 즉, 진찰, 검안, 처방, 투약, 외과수술 등의 의료행위에 사용되는 의료기기 및 의약외품 중에서 섬유구조재료가 필수적으로 들어가는 제품을 말한다. 일반적으로 의료용 섬유는 치료용 섬유, 신체기능보조용 섬유, 헬스케어 및 위생섬유의 3개의 제품군으로 나누어지며 이 중에서도 치료용 섬유와 신체기능보조용 섬유는 인체치료용 섬유로 분류된다(Table 1)¹⁾.

Table 1. 의료용 섬유의 분류 및 대표적인 제품

구 분	대표적인 의료용품	
치료용 섬유	창상치료 관련 제품	창상치료제, 상처봉합용 제품, 밴드류, 의료용 스폰지 등
	임플란트형 수술용 섬유제품	인공혈관, 비뇨기과용 섬유구조체, 정형외과용 섬유구조체, 봉합사, 유착방지막 등
	비임플란트형 수술용 섬유제품	골절치료용 부목 및 봉대, 외과용 벨트, 지혈패드, 수혈용 필터, 치과용 섬유 등
신체기능보조용 섬유	인체조직 또는 기능 대체품	혈액필터, 인공신장, 조직재생용 섬유구조체, 심폐기용 필터 등
헬스케어/위생 섬유	병원용품, 가정생활용품	의사용 가운, 환자용 가운, 마스크, 침대보, 유아/여성/성인용 위생용품 등

국내 의료용품 시장은 무역수지 적자가 계속 증가하고 있으므로 이의 해소를 위해서는 국내 산업 육성이 시급하다고 할 수 있다. 따라서 국내 산업의 육성과 의료 선진국으로 도약하여 지속가능한 건강사회 구축을 달성하기 위해서는 고도의 기술력이 요구되는 고부가가치 의료용 섬유소재의 개발이 절실하다고 할 것이다. 세계 의료용구 및 의약외품 시장은 미국, 유럽, 일본 등의 선진국이 주도하고 있으며 기술적으로 볼 때 성숙기에 도달하고 있지만, 섬유기술 측면에서 보면 전통 섬유기술을 사용한 제품이 주류를 이루고 있으므로, 첨단 섬유기술이 접목된 의료용구 및 의약외품의 차별화된 개발을 통해 고부가가치를 창출하는 우리나라 미래산업으로 육성할 필요가 있다.

한편, 섬유소재가 의료용으로 이용된 지 여러 해가 지났으나 계속해서 새로운 용도가 개발되고 있으며, 기존 소재뿐만 아니라 신소재를 활용하는 연구를 통하여 의료용 섬유소재의 발전이 이루어지고 있다. 따라서 본고에서는 최근 국내에서 많은 관심을 받고 있는 의료용 섬유소재의 개발 동향뿐만 아니라 신기술을 접목한 의료용 나노섬유의 제조기술과 개발 동향에 대해서도 살펴보고자 한다. 특히 의료용 나노섬유란 Table 1에서 제시한 분류법으로 구분되기보다는 새로운 인체치료용 섬유제품을 생산하기 위한 하나의 수단으로 인식되어야 할 것이다. 최근 의료용 나노섬유 제품의 개발이 많은 관심을 받고 있으므로 이에 대한 동향을 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 치료용 섬유

2.1.1 창상치료 관련 제품

치료용 섬유제품은 크게 창상치료 관련 제품, 임플란트형 수술용 섬유제품, 비임플란트형 수술용 섬유제품으로 분류된다. 이들 중에서 먼저 창상치료 관련 제품을 살펴보면, 창상치료제란 상처치유를 하는데 이상적인 환경을 제공하는 제품을 말한다. 피부에 각종 외상에 의한 결손이 일어나게 되면 그 보호 작용이 상실되어 기능의 장애를 초래하게 되고, 수분 손실 등에 따른 부작용과 세균 감염 등을 일으켜 이차적인 기능장애를 유발한다. 따라서 이를 치유하기 위해서는 감염을 막고 상처에서 발생하는 삼출물을 제거하며 공기투과도가 높은 창상피복재가 필수적으로 이용되어야 한다.

상처치료는 유사 이래 건조에 의해 가피(딱지)를 형성시키는 방식으로 진행되어 왔으나 1962년 George Winter에 의해 종래의 건조 처치 방식이 잘못된 것이고 오히려 상처를 습윤 상태로 유지해서 처치하는 것이 올바른 방식이라는 것이 밝혀졌다. 습윤 환경 하에서 재생 상피 세포는 상처면을 따라 원활히 전개되며, 또한 삼출액에 포함되어 있는 여러 가지 상처 치유에 관여하는 물질들이 습윤 환경에서는 원활히 그 역할을 수행할 수 있기 때문에 상처 치유가 효율적으로 진행된다(Fig. 1).

또한, 일반적으로 창상이 일어나면 곧이어 이에 따른 염증이 일어나게 되며 매크로파지 등 염증 치유에 관계하는 각종 세포가 염증 주위로 이동하게 된다. 특히, 이들 창상피복재 및 인공피부를 포함하는 인공장기를 임상에서 적용하는 경우에 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 표피포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*) 및 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*) 등에 의한 감염에 의해 환자의 사망률이 높아질 위험성이 있으므로 어떻게 감염을 저지할 것인가가 문제점으로 대두되고 있다.

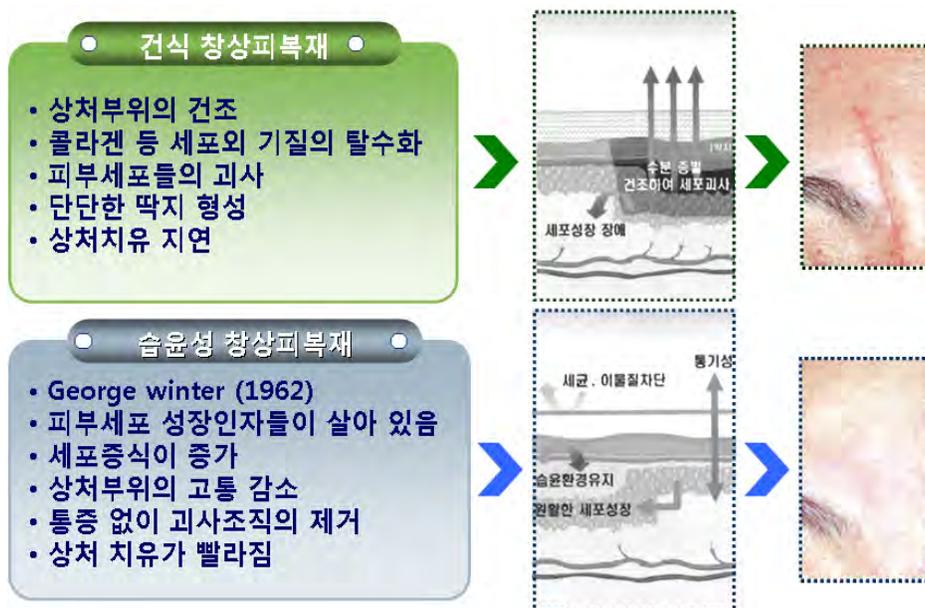


Fig. 1. 창상피복재의 특징.



일반적으로 창상피복재는 상처면의 수분 증발 방지 및 공기 투과를 위한 반투막필름과 흡수층 및 접착층으로 구성되어 있다. 흡수층은 혈액과 액체를 흡수하여 상처를 보호하는 기능을 하며, 접착층은 창상피복재를 피부에 쉽게 부착시킬 수 있으면서도 사용 후 쉽게 제거할 수 있어야 한다. 최근에는 꾸준한 연구개발의 결과로 흡수층과 접착층이 하나로 구성된 제품이 출시되고 있다. 특히 콜라겐, 알지네이트, 키틴, 키토산과 같은 천연소재가 상처 치료에 효과적인 것으로 임상적으로 증명되어 다양한 형태의 창상피복재가 개발되고 있다. 알지네이트 섬유의 경우 비독성, 생분해성 및 지혈성이 있고, 키틴 및 키토산 섬유는 항트롬보젠성이 우수하고 인체에 흡수되어 치료를 촉진하는 효과가 있다^{2,3)}.

창상피복재로 실리콘 가아제, 가교 폴리비닐알코올 스폰지, 특수직물, 또는 이와 같은 특수직물에 특정 단백질을 피복한 것, 실리콘 고무로 된 막, 피브린 막, 셀룰로오스 막 등 다양한 소재들이 이용되어 왔으나 생체와의 거부반응, 기계적 성질 및 밀착성의 결여 등의 문제점으로 창상피복재로서의 충분한 기능을 발휘하지 못했다. 또한 현재에도 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있는 창상피복재는 콜라겐에 피부 조직세포를 배양시킨 형태, 분사 가능한 젤라틴 형태, 폴리(L-로이신) 스폰지 형태 등이 대표적이다. 이 중 소의 피부에서 채취하여 프로테아제 처리를 통해 콜라겐 양말단의 항원 결정기로 알려져 있는 텔로펩티드 부분을 제거한 항원성이 적은 아텔로 형태의 콜라겐으로 스폰지 형태로 개발된 창상피복재가 있으나 제조공정상의 어려움과 높은 가격으로 상용화에는 많은 제약이 있다. 이와 같이 인공피부를 포함하는 창상피복재는 필름형, 콜로이드형, 폼형 및 하이드로겔형이 대부분이다(Table 2).

Table 2. 형태별 창상피복재의 분류 및 특징

형 태	용도 및 특징	단 점	대표제품 (기업)
Hydrocolloid	습윤환경 제공 삼출액이 적은 창상	다량의 삼출액 사용불가 감염상처 사용불가 육아세포박리 상처주위 피부상해	Tegasorb (3M) RepliCare (S&N) Comfeel (Coloplast)
Film	시인성 상처의 관찰 용이 육창예방 피부보호 보통 2차 드레싱용	다량의 삼출액 사용불가 흡수력 없음 육아세포 박리	Tegaderm (3M) Opsite (S&N)
Hydrogel	습윤환경 제공 삼출액이 중간인 창상	삼출물 흡수 후 기계적 물성저하 상처주위 피부상해 감염상처 사용불가	Intrasite (S&N) Tegagel (3M) Hydrosorb (Hartmann)
Foam	삼출물이 많은 창상 모든 상처 적용	지속 사용 시 창상면에 고착 2차 드레싱 필요	Allevyn (S&N) Medifoam (바이오폴)
Alginate	모든 상처 적용 특히 cavity 상처 지혈용 삼출액 빨리 흡수 다양한 형태 제조 가능	감염상처 사용불가 건조 및 괴사 상처 사용불가 2차 드레싱 필요	Algisite (S&N) Seasorb (Coloplast)

창상피복재 시장은 Johnson & Johnson, Smith & Nephew, 3M 등이 전 세계를 대상으로 하는 시장 전개와 기술독점 및 업계 인지도를 바탕으로 독점하고 있다. 국내에서는 2000년 이전에는 습윤성 창상피복재의 개발이 전무하였으나, 최근 폴리우레탄 폼과 하이드로겔을 이용한 습윤성 창상피복재가 개발되어 판매 중에 있다. 폴리우레탄 폼형 창상피복재는 (주)바이오폴이 개발한 메디폼이 대표적인 제품이며, 이 제품은 상처에 적용 시 2차 드레싱이 필요하고 친수성인 폼이 수 팽윤됨에

따라 형태가 휘어버리거나 박테리아 번식이 용이하다는 단점이 있다. 현재는 2차 드레싱이 필요 없도록 필름 드레싱을 부착한 제품이 시판되고 있고, 현대약품, 휴젤 등을 중심으로 하이드로겔형이 개발 및 판매되고 있다.

2.1.2 임플란트형 수술용 섬유제품

임플란트형 섬유제품은 상처봉합이나 이식수술(혈관 이식, 인공인대)등 인체의 수복 효과를 이루는데 이용되는 섬유구조체이다. 이들 임플란트형 섬유제품은 인체 내로 이식되기 때문에 생체적합성이 중요한 문제로 인식되므로 섬유제품을 이루는 소재 물질은 독성물질을 방출하지 않아야 하고, 또한 섬유제조 시에 사용될 수 있는 윤활제나 사이즈제와 같은 표면 오염물질이 없어야 한다. 이들 임플란트형 섬유제품은 주로 인공혈관, 유착방지막, 정형외과용 섬유구조체, 봉합사 등으로 이루어진다.

봉합사는 재료의 종류, 물리적 형태, 생체분해 흡수성, 용도, 크기에 따라 다양하게 분류되나, 크게 흡수성과 비흡수성 봉합사로 나눌 수 있다⁴⁾. 흡수성 봉합사는 고분자의 대부분이 체내 조직에서 분해되어 이식 장소에서 2~6개월 내에 사라지는 것을 말하며, 비흡수성 봉합사는 생체분해작용에 저항하여 외과적으로 제거하기 이전에는 조직 속에서 이물질로 남아있는 것을 말한다. 또한 봉합사는 단사나 합사의 형태로 제조된다(Fig. 2). 합사는 미세한 가닥의 섬유를 여러 가닥 모아 땀거나, 꼬인 또는 스펀사의 형태로 제조되며 취급성을 높이기 위하여 왁스, 실리콘 또는 고분자를 코팅하기도 한다. 외과적으로 이용되는 봉합사는 생체용화성과 기계적 성질에 의하여 선택되는데 조직과의 반응성은 감염발생율을 줄일 수 있기 때문에, 기계적 강도는 이물질 혼입과 상처 발생을 최소화할 수 있기 때문에 중요시 된다. 따라서 이상적인 수술용 봉합사의 조건으로는 ① 기계적 성질, ② 생체적합성, ③ 취급성, ④ 생체분해성이 있다. 즉, 적절한 강도를 갖추어야 하며, 봉합사는 생체에 대해 이물질이므로 가능한 생체적합성이 양호하여야 하며, 흡수성 봉합사는 상처가 치유된 다음에 가능한 빨리 흡수되어야 하며, 또한 상처치유 과정과 더불어 의료기술시 취급이 간편하여야 한다.

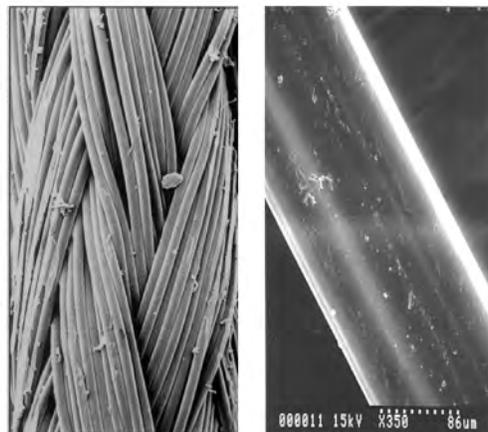


Fig. 2. Multifilament와 monofilament 봉합사 전자현미경 사진.

특히, 최근에는 항균성 봉합사에 대한 관심이 늘어나고 있으며 키토산, 은나노, 기타 항균제를 첨가하여 항균성능을 부여하기 위한 개발이 많이 진행되었다. 그러나 현재 시판되고 있는 항균성 봉합사로써는 Ethicon사(미국)의 Coated VICRYL*Plus Antibacterial(polyglactin 910) suture, MONOCRYL*Plus Antibacterial(poliglecaprone 25) Suture, PDS*Plus antibacterial(polydioxanone) suture 3종이 전부이다.

봉합사 이외에도 재건수술과 교정수술 등 다수의 외과수술에서 건(힘줄), 인대나 연골조직을 대체 이식할 때 섬유 소재의 강도와 유연성을 이용한다. 인공힘줄은 제직되거나 브레이드된 다공성 메쉬나 실리콘으로 감은 테이프를 사용한다. 이식하는 동안, 천연 힘줄은 인공 힘줄을 통해서 고리

화를 이루고, 그 다음 근육과 뼈를 연결하기 위하여 그 자체로 봉합될 수 있다. 최근에는 재생의학의 기술을 이용하여 피브린 섬유구조체에 힘줄 조직을 재생시켜 생체에 적용하는 기술이 개발되고 있다(Fig. 3). 또한 손상된 무릎 인대(전치 십자인대)를 대체하기 위해서 사용되는 섬유는 생체적합성뿐만 아니라 기계적 특성도 우수하여야 한다. 이를 위해 소수성 고분자인 PTFE(Gore-Tex) 및 폴리에스터를 무릎 인대 대체용 재료로 많이 이용하고 있으며(Fig. 4), 이들 재료는 강하면서도 주기적인 부하에 견디는 내성을 가지고 있다. 탄소섬유나 폴리에스터 필라멘트로 이루어진 콤포지트 소재 또한 인대 대체용으로 적합하다.



Fig. 3. 피브린 섬유구조체로 제조된 인공힘줄⁵⁾.

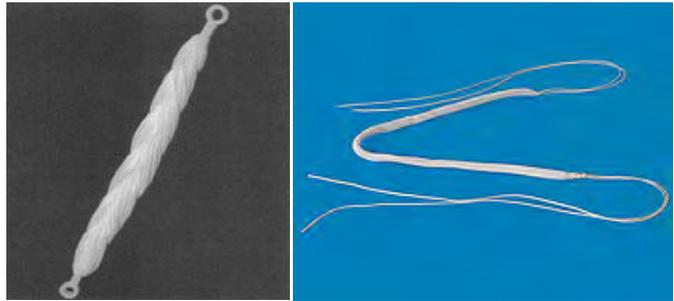


Fig. 4. 시판 중인 인공 무릎 인대.

정형외과용으로도 더욱더 많은 섬유소재가 개발되고 있으며 인공관절과 인공뼈가 금속 이식물로 대체됨으로 인해 이식물에 인접한 조직의 내부성장을 향상시키기 위해서는 흑연이나 PTFE로 만들어진 부직포가 사용된다. 이러한 부직포는 이식물과 그 주위에 인접한 단단한 조직과 부드러운 조직을 완충시키고 조화시키는 역할을 한다. 또한 13~130 μm 굵기의 스틸 필라멘트로 이루어진 브레이드 정형외과용 케이블은 골절된 뼈를 고정시키고 이식물을 보호하는데 이용된다.

수술 시에 조직의 유착을 방지하기 위해서 사용되는 유착방지막은 크게 멤브레인 형태(Fig. 5)와 액상 형태, 스프레이 형태로 나누어진다. 세계 최초의 유착방지막인 Johnson and Johnson Medical Inc.가 개발한 cellulose계 니트 형태의 Interceed 제품은 젖은 부위에서 급격히 수축을 하여 취급이 용이하지 못하므로, sodium hyaluronate/carboxymethyl cellulose 등을 주요 성분으로 하는 필름 형태의 유착방지막이 개발되기도 하였으나 조직 유착방지 효과가 우수하지 못하다는 단점이 있다. 그 외 외국제품인 Gore-Tex는 항혈전효과가 우수하고, 불활성 물질로 조직 유착을 방지하기 위한 목적으로 사용되고 있으나, 체내로 흡수가 되지 않아 이물질로 남는다는 최대의 단점이 있다.



Fig. 5. 유착방지막 개념도 및 시술 방법.

인공혈관은 수술 시 손상된 두꺼운 동맥 또는 6 mm 이상 굵기의 정맥을 대신하는데 이용된다. 상업용으로 이용되는 인공혈관은 폴리에스터(Dacron)나 PTFE(Teflon)를 제직 또는 편직하여 생산한다. 편직된 인공혈관은 다공성 구조를 가지며, 이러한 다공성 구조는 이식조직을 새로운 조직으로 흡수되게 한다. 그러나 이식 후에 혈액이 편물의 다공성 구조를 통해서 새어 나갈 수 있는 단점이 있다. 이러한 단점은 제직된 인공혈관을 사용함으로써 극복될 수 있으나 이러한 직물은 낮은 다공성 구조를 가지므로 조직의 내부성장을 막고, 또한 편물에 비해서 뻣뻣하다.

2.1.3 비임플란트형 수술용 섬유제품

비임플란트형 수술용 섬유제품으로는 정형외과용 부목 및 붕대, 지혈패드 등이 대표적이다(Fig. 6). 인구의 고령화가 진전됨에 따라 손상된 부위를 보완해주고 일상생활에 편리함을 향상시키며 경량 및 쾌적성 등 우수한 성능의 의료기기 및 재활보조기구의 필요성이 점차 증대되고 있다. 또한 정형외과용 섬유의 국제 시장은 건강관리에 대한 비용이 증가함에 따라 계속하여 성장하고 있고, 덜 침투적이고 더 지속적인 수술기술과 임플란트가 도입됨에 따라 낫기 힘든 상처를 다루는 상처관리 시장이 증가하고 있다. 정형외과용 섬유소재의 경우 환편, 경편 및 니들펀칭 부직포 제조기술 개발과 폴리에스테르, 폴리프로필렌, 유리섬유 등의 섬유소재를 비롯한 탄소섬유 등의 섬유강화 복합재료를 응용하여 경량성, 기능성, 사용 용이성 등이 우수한 제품의 개발이 활발하게 진행되고 있다.

정형외과용 섬유 소재 중에서 가장 많이 사용되고 있는 제품인 붕대는 최종적인 의학용 요구에 따른 아주 다양한 특수 기능을 수행하도록 고안되었다. 직조, 편성 또는 부직포로 제작되고 탄성 또는 비탄성 제품이며 상처 주위의 드레싱을 고정하는 용도로 가장 흔히 사용된다. 면/레이온의 가벼운 편성물 또는 간단한 성근 직물을 길게 잘라 만든 붕대는 정련, 표백 및 소독을 거친다. 특히, 압박붕대는 심한 정맥 혈전증, 족부 궤양 등의 처치와 방지에 사용하고 있으며 일정한 긴장을 가할 때에 다리에 필요한 만큼의 압박을 발휘하도록 고안되어 있다. 압박붕대는 면과 탄성사로 된 직물이거나 튜브형으로 되어 있다. 지혈용 패드의 경우 국내에서 사용되고 있는 제품 대부분이 해외 수입품이며 국내에서 생산되는 제품으로는 단순 거즈 형태 또는 액상 지혈제품이 다수를 차지하고 있다. 최근 선진국을 중심으로 인체친화형 천연소재와 지혈제의 융합을 통한 고기능성 지혈패드 제품이 새롭게 출시되고 있다.



Fig. 6. 비임플란트형 섬유제품.

2.2 신체기능 보조용 섬유

신체기능 보조용 섬유 제품으로는 혈액필터와 심폐기용 필터가 가장 보편적이며, 혈액필터는 인공신장용 혈액투석기, 혈액여과기, 혈액투석여과기, 혈장분리기, 혈장분획기에 사용되는 필터를 총칭한다. 인공신장용 혈액투석기는 혈액을 평편한 시트나 중공재생섬유로 된 셀로판 형태의 멤브레인 속으로 통과시켜 불필요한 폐물질을 걸러내고 순환시키는 것을 말한다. 중공섬유는 섬유의 별키성을 높이고 중량을 가볍게 하기 위해서 개발한 것으로 보온 재료로 많이 사용되었으나 단위체적당 표면적이 넓은 장점으로 인해 분리막 분야에서 중공섬유 형태로 제조를 하게 되었다(Fig. 7). 중공섬유막의 장점은 단위체적당 표면적이 다른 형태의 분리막에 비해 10~30배 정도 커서 모듈의 소형화가 가능하며 의료분야에 적합한 형태이며 또한 소비 에너지가 최소화되는 장점을 가지고 있다⁶⁾.

의료분야에 적용되는 중공섬유막은 분야에 따라 차이는 있으나 기본적으로 생체적합성이 우수한 소재이어야 한다. 특히 혈액필터의 경우 소재에 따라 혈액과 접촉하는 과정에서 혈액 응고가 달라지고 백혈구의 일시적 감소나 보체의 활성화와 같은 면역체계의 혼란이 일어날 수 있다. 즉, 투석막 소재를 외부의 적으로 인식하여 투석막을 공격하게 되어 면역체계가 일시적으로 혼란스럽게 된다. 기존의 혈액투석막의 대표적인 소재였던 Cuprophane의 경우 면역체계의 혼란을 유발하기 쉬워

투석민감증, 2차 감염 등의 부작용이 나타나게 되었다. 이로 인해 생체적합성이 우수한 소재를 개발하는 연구가 활발하게 진행되고 있고 상용화된 혈액정화용 중공사막 중 생체적합성이 우수한 대표적인 소재는 폴리술폰, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 등이 있다.

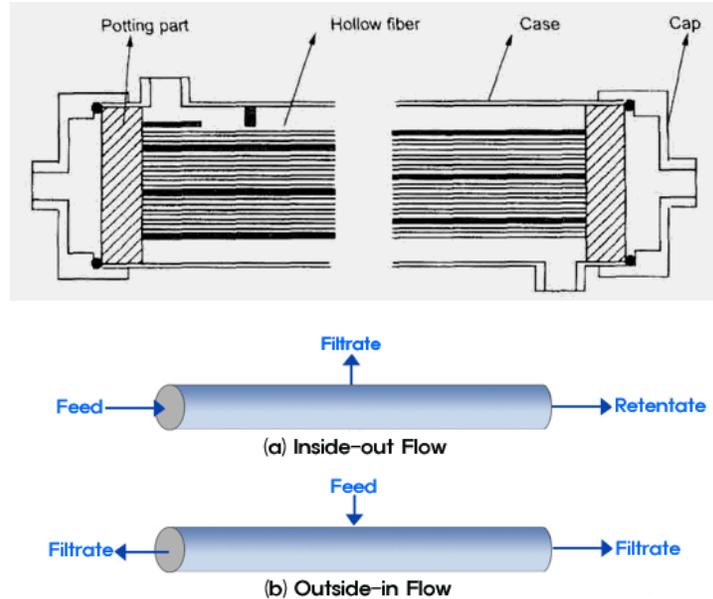


Fig. 7. 중공섬유 분리막 모듈 및 분리 메카니즘.

또한 최근에는 혈장여과보다 적극적인 치료방법으로서 혈장교환을 많이 시도하고 있으며 이를 위해서는 두 개의 필터를 이용한다. 1차 필터는 생체내의 신사구체와 유사한 기능을 갖게 한 막이며 여과용 막에 비해서 기공 크기를 크게 하여 혈액으로부터 혈구와 혈장을 분리한다. 1차 필터를 투과한 단백질 중에서 병인물질이라고 생각되는 면역글로블린(분자량 150,000)을 제거하고 인체에 유용한 알부민(분자량 70,000)과 같은 단백질은 투과되도록 설계된 필터가 2차 필터이다. 따라서 이러한 2차 필터는 분획능력이 중요하며 아직은 불충분한 점이 많다고 할 수 있다. 이들 혈장분리에 사용되는 분리막은 대부분 중공섬유막 형태이며 기공의 크기가 정밀여과막의 수준으로 0.1~0.6 μm 정도이며 소재는 폴리술폰, 셀룰로스 아세테이트, 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리비닐알콜(PVA), PMMA 등이 적용되고 있다. 그러나 친수성 분리막 소재인 PVA, 셀룰로스 아세테이트로 제조된 막은 분리능은 높지만 혈액 중 보체 성분의 활성화로 인한 혈장의 손상이 문제점으로 지적되고 있고, 소수성인 PP, PE 부직포로 만들어진 막은 보체 활성화는 낮지만 피브리노겐 등이 흡착이 용이하여 유용한 혈장단백질의 회수율이 낮고 막의 내구성 저하를 가져오는 단점이 있다. 일반적으로 혈장교환은 만성신부전 환자를 위해 사용되기 보다는 분자량 10만대의 병인성 물질을 제거하는데 목적이 있으므로 치료의 범위를 넓힐 수 있다.

2.3 헬스케어/위생섬유

헬스케어/위생섬유 제품은 의학 및 외과수술분야에서 매우 중요한 부분이다. 수술실에서 사용되는 섬유제품에는 의사용 가운, 모자, 마스크, 환자의 커튼(drape) 및 다양한 크기의 덮개가 있다. 수술실 환경이 청결하여야 함은 필수적이며 감염되지 않도록 엄격한 제한이 유지되어야 한다. 외과수술용 가운은 직물류로서 외과의로부터 오염입자가 내보내지는 것을 막지만 많은 먼지를 생성하는 오염원이기도 하다. 일회용 부직포의 수술용 가운은 환자에 대한 이러한 오염원을 방지하기 위하여 채택되었는데 부직포와 PE 필름의 콤포지트를 흔히 사용한다.

수술용 마스크는 극세유리섬유 또는 극세합성섬유로 된 매우 섬세한 중간층의 양면을 아크릴로 접합시킨 parallel laid 또는 습식 laid 부직포로 피복하여 만든 것이다. 이러한 마스크의 이용 요구

조건은 높은 여과능력, 높은 공기투과도이며, 가볍고 알러지반응이 없어야 한다. 일회용 수술모자의 소재는 parallel laid 또는 spun laid 부직포이다. 수술실의 일회용품과 의복은 수력으로 얽히게 만든 부직포(spunlace)로 된 것이 증가하고 있다. 외과용 커튼과 덮개는 환자를 덮거나 환자주변의 작업부위를 덮는데 이용하고 있다. 부직포의 소재는 주로 커튼과 덮개에 사용되며 부직포의 양면 또는 한면에 필름을 덧대었다. 부직포층은 통기성을 부여하거나 인체의 땀과 상처의 분비물을 잘 흡수하는 기능을 하며, 필름층은 박테리아와 같은 감염원의 침투를 막기 위해 사용하고 있다. 요구되는 박테리아 장벽을 이루기 위하여 소재에 소수성 가공을 하기도 한다. 투과성, 쾌적성 및 항미생물 오염을 위하여 미세기공성 PTFE 필름을 중간에 두고 루프 형태의 기모된 경편성 폴리에스터를 양측에 접착한 것을 외과용 커튼으로 사용하는 발전도 있었다.

헬스케어/위생섬유 제품의 두 번째 범주로는 병원에서 환자의 관리와 위생을 위하여 사용하는 침구, 의복, 매트리스커버, 요실금 제품 등이 있다. 특히 욕창의 원인이 되는 침대보의 구김 형성에 관해서는 신체의 형태, 가해진 압력, 직물의 텐션 및 매트리스의 부드러운 정도가 영향을 주었고, 이들은 매우 복잡한 상호관계를 보인다는 연구결과가 있다⁷⁾. 침대에 오래 누워있는 사람은 혈액의 순환이 감소하며 국부적인 압박과 함께 인체의 세포가 영양물과 산소의 부족으로 고통을 받게 된다. 폐기물도 더 이상 효과적으로 제거되지 못하게 되면 세포들이 손상을 받게 되고 결국은 사멸한다. 이것이 욕창이라는 전형적인 상해이며 주요인자인 수분이동성과 흡수성이 좋아서 피부를 건조하게 유지하는 섬유소재와 침대보의 구김이 피부에 국부적인 압력을 크게 하여 욕창의 위기를 증가시키게 되는 것이다.

국내 60세 이상 노인 여성 중에서 60%가 요실금 증상을 가지고 있다고 보고되고 있지만 이 분야의 연구는 활발하게 이루어지고 있지 않은 실정이다. 환자용 요실금 제품은 평편시트상으로 내부피복층, 흡수층 및 외층으로 구성된 컴포지트 제품이다. 내부피복층은 친수성 가공 처리한 폴리에스터 웹 또는 spun-laid 폴리프로필렌 부직포가 사용된다. 또한 최근에는 환경오염 등의 다양한 원인으로 인해서 아토피피부염 환자가 급증하고 있으며, 이에 따른 아토피피부염 환자용 섬유제품의 개발이 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 전세계 인구의 약 10~20% 정도가 아토피피부염을 가지고 있으며 국내에서도 환자의 수가 급증하고 있어 사회적인 문제로까지 대두되고 있다. 아토피피부염 환자는 피부가 건조해지는 경향이 있어 여름에는 피부의 땀구멍이 잘 열리지 않아 땀을 배출시킬 수 가 없어 땀띠가 잘 생기고, 겨울에는 피부에 습기가 부족해서 건조해지고 거칠어진다. 따라서, 아토피피부염 치료에서 가장 중요하고 기본적인 것은 피부 염증의 치료와 보습 외에도 증상을 악화시키는 기타 환경 요인들에 대한 관리가 필수적이다. 아토피피부염 환자를 위한 섬유제품은 아기용 의류와 내의류, 침구류가 주를 이루며 항균성, 향진드기성과 보습성을 부여하는 염색가공법으로 생산되는 것이 주를 이룬다. 예로는 키토산섬유, 향진드기 가공섬유, 한지사, 유기농섬유, 천연물 염색 등을 들 수 있다.

2.4 의료용 나노섬유

일반적으로 나노섬유는 직경이 100 nm 이하인 섬유를 말하는 것으로 이들 나노섬유는 다양한 응용의 가능성으로 인해 최근 많은 관심을 받고 있다. 이러한 나노섬유를 제조할 수 있는 방법으로는 초연신법, 주형 합성법, 상분리법, 자가조립법, 전기방사법 등이 있다⁸⁾. 이 중에서 전기방사법은 간단하고 공정비가 저렴하며 또한 고분자뿐만 아니라 세라믹으로부터도 연속적인 나노섬유를 제조할 수 있기 때문에 가장 일반적으로 사용되는 제조방법이다. 또한 전기방사법을 통해서도 나노섬유를 제조할 뿐만 아니라 이들 나노섬유로 적층된 부직포 형태를 얻을 수 있다(Fig. 8).

섬유의 인장강도는 섬유의 길이와 굵기에 좌우되며 인장강도는 섬유가 가늘수록 강해지므로 세섬유화는 고강도가 요구되는 산업용 섬유류의 제조에 있어 중요한 요소로 작용한다. 섬유의 직경을 가늘게 하면 고분자 사슬이 이상적으로 완전히 펼쳐져 이상적인 물성을 발현할 수 있는 초고성능 섬유를 제조하는 것이 가능할 것으로 예측된다. 이러한 관점에서 100 nm 이하의 섬유직경을 지니면서 배향된 구조를 갖는 섬유가 산업적 측면 및 과학적 측면에서 매우 큰 관심의 대상이 되고 있다⁹⁾.

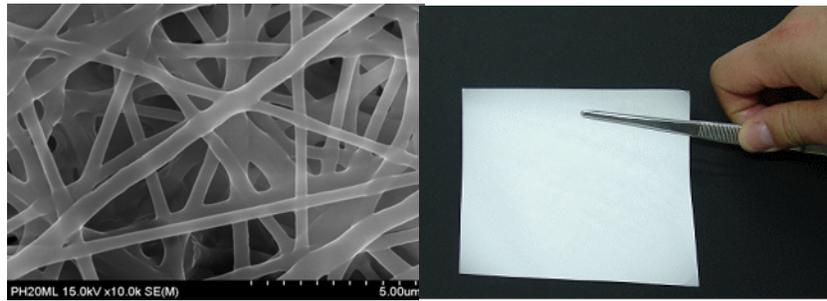


Fig. 8. 전기방사법으로 제조한 폴리에스터 나노섬유 부직포.

나노섬유는 수~수백 nm 크기의 초극세 섬유로서 섬유의 생성과 동시에 3차원의 네트워크로 융착되어 적층된 형태의 다공성 웹은 초박막, 초경량이며 기존 섬유에 비해 부피 대비 표면적 비가 지극히 높고, 높은 기공도를 지니고 있다¹⁰⁾. 따라서, 구조적으로 내부의 땀 등을 배출할 수 있는 호흡성(통기성)과 방풍성을 가지고 있으며 막의 외부에서 액체가 들어오지 못하도록 하는 특성도 부여할 수 있다¹¹⁾. 이러한 향상된 물성들로 인해 생체의료 분야 및 산업용 분야에서 고분자 나노섬유의 용도전개가 활발히 이루어지고 있다(Fig. 9). 가장 주목할 만한 특징으로는 나노섬유 집합체가 형태학적으로 세포외기질과 유사한 구조를 가진다는 것이다. 예를 들면, 콜라겐은 나노미터 수준(50~100 nm)의 피브릴로 이루어져 있는데, 위와 같은 나노섬유 제조방법을 사용하게 되면 세포들이 부착되고 성장 및 분화될 수 있는 천연의 3차원 세포외기질을 모방할 수 있는 지지체를 인공적으로 제조할 수 있을 것으로 기대된다. 세포들은 정상적인 세포활동 시에 세포 자체의 크기보다 작은 직경의 섬유 주위에 구조체를 형성한다. 또한, 많은 연구 결과, 섬유 표면에서의 화학적인 반응과는 별도로 나노미터 수준의 섬유 표면에서는 세포의 흡착, 성장, 분화, 배열 및 배향 등의 세포활동이 활발히 이루어지는 것으로 알려져 있다. 따라서 나노섬유는 조직공학용 지지체, 인공혈관, 유착방지막, 차폐막 등과 같은 다양한 의료용 섬유 제품의 개발에 응용이 되고 있다.

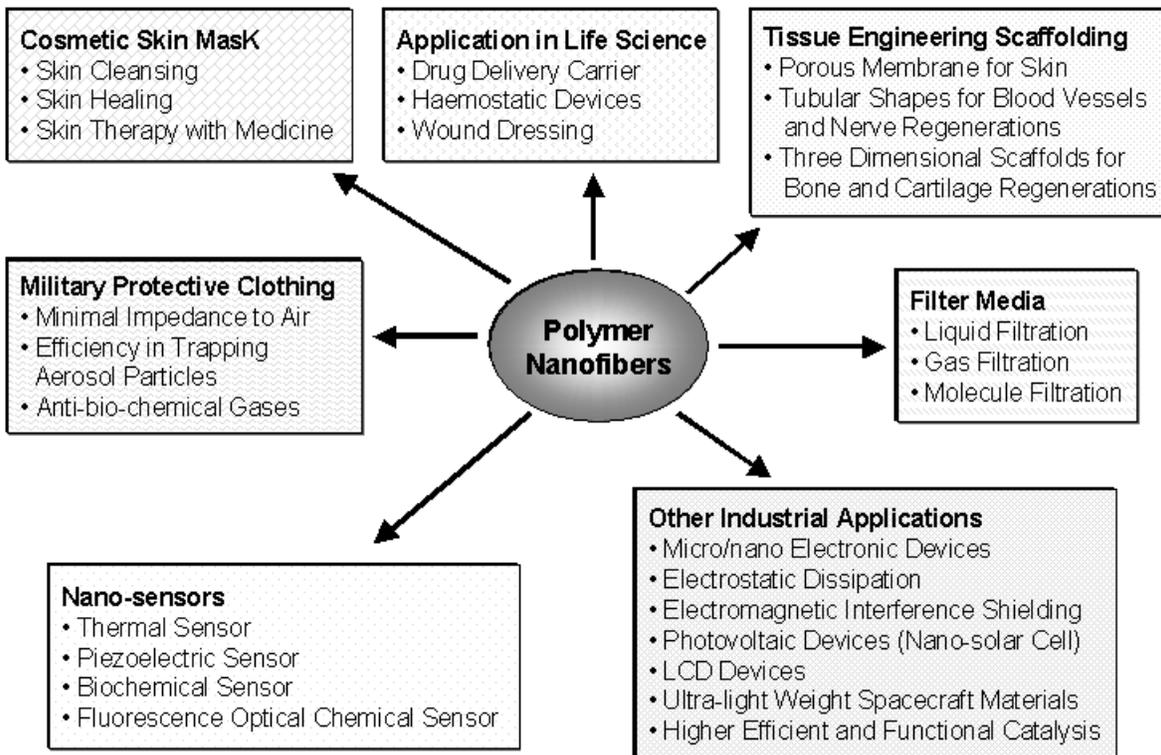


Fig. 9. 고분자 나노섬유의 다양한 응용 분야¹²⁾.

3. 결 론

의료용 섬유 산업의 특징은 창의력을 바탕으로 추구하면 성장 전망도 무궁무진하고 전통 섬유산업에 비할 수 없는 높은 고부가가치 산업이다. 특히 국민소득의 증대에 따른 각 개인의 건강에 대한 관심사가 커지고, 또한 급격한 고령화 사회로 전환되고 있는 점을 감안하면 향후 의료용 섬유 소재의 수요는 폭발적으로 증가할 것으로 생각된다. 따라서 이들 의료용 섬유 산업의 발전을 위해서는 기존 전통섬유산업의 공정인 제직, 편직 기술의 발전뿐만 아니라 최근 많은 관심을 받고 있는 나노섬유 제조 기술과의 접목에 의한 다양한 제품의 개발 및 생산이 필수적이라 할 수 있다. 이들 신기술과의 접목으로 생체의료용 기구 및 이식물, 약물전달체제, 바이오센서, 바이오 촉매 등의 용도에 까지 섬유제품의 적용분야를 다양하게 발전시킬 수 있는 새로운 기회를 제공해 줄 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 임대영, 최은경, 인체치료용 고성능 메디컬 섬유 개발 동향, *생체재료학회지*, **12**, 64(2008).
2. 유효선, 박명자, 의료용 섬유의 개발 현황, *섬유기술과 산업*, **13**, 101(2009).
3. C.K.S. Pillai, W. Paul, C. P. Sharma, Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation, *Progress in Polymer Science*, **34**, 641(2009).
4. 김수현, 김영하, 안광덕, 의료용 섬유, *고분자과학과 기술*, **7**, 140(1996).
5. J. Sasaki, T. Matsumoto, H. Egusa, T. Nakano, T. Ishimoto, T. Sohmura, H. Yatani, In vitro engineering of transitional tissue by patterning and functional control of cells in fibrin gel, *Soft Matter*, **6**, 1662(2010).
6. 김재협, 박수민, 의료용 중공섬유, *섬유기술과 산업*, **4**, 50(2000).
7. L. Van Langenhove, Formation of creases in bedsheets: A cause of decubitus, Proceedings of the International Conference, Boulton UK, p.131, 1999.
8. 남영식, 박원호, 박귀덕, 한동근, 의료용 나노섬유 소재, *섬유기술과 산업*, **11**, 159(2007).
9. 김영진, 강인규, 변홍식, 나노섬유 필터의 개발 동향, *멤브레인*, **16**, 1(2006).
10. H. Fong, I. Chun and D. H. Reneker, Beaded nanofibers formed during electrospinning, *Polymer*, **42**, 261(2001).
11. 김동복, 박정호, 전기방사에 의한 나노섬유 제조 및 응용, *전기의 세계*, **52**, 33(2003).
12. Z. M. Huang, Y. Z. Zhang, M. Kotaki, S. Ramakrishna, A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, *Composites Science and Technology*, **63**, 2223(2003).

김영진 (현) 대구가톨릭대학교 의공학과 조교수



- 주요 경력 -

- 1996 경북대학교 고분자공학과 (학사)
- 1998 경북대학교 고분자공학과 (석사)
- 2002 (주)벤트리 기술연구소 선임연구원
- 2004 교토대학 재료화학과 (박사)
- 2005 오사카대학 첨단과학혁신센터 특별연구원
- 2007 (재)대구테크노파크 나노부품실용화센터 선임연구원
- 현재 대구가톨릭대학교 의공학과 조교수

Tel. : 053-850-3443 / Fax. : 053-850-3292 / E-mail : yjkim@cu.ac.kr