

생체재료의 플라즈마 표면 개질

1. 서론

생체재료는 벌크 특성과 특히, 생체적합성과 함께 인체환경에 알맞게 작용할 수 있는 기계적 특성이 요구된다. 이러한 이유에서 벌크소재 특성을 유지하면서 표면특성을 변화시킬 수 있는 표면처리 기술을 생체재료에 많이 응용되고 있다. 표면처리 기술을 생체재료 기술에 있어 매우 중요한 핵심 방법 중 하나로 발전할 것이다.

플라즈마를 이용한 표면처리 기술을 생체재료에 적용하는 것은 다음과 같은 장점을 가진다. 다른 분야에서 이미 연구된 플라즈마 기술을 생체재료에 응용할 수 있으며, 신뢰성이 높으며, 재생 가능하고, 경제적이며, 기하학적 형상이나. 복합재료, 세라믹, 고분자. 그리고 금속과 같이 표면처리가 매우 힘든 재료에 적용할 수 있으며, 플라즈마 진단장치를 이용한 모니터, 그리고 화학적, tribological, 전기적, 광학적, 생물학적, 그리고 기계적 표면 특성을 다양하게 바꿀 수 있다. 또한 살균 공정이 필요한 산업에서의 응용이 가능하고 microelectronic 산업에서 일반적으로 사용되고 있는 바와 같이 차폐 기술과 함께 표면 패터닝이 동시에 가능한 장점을 갖고 있다.

2. 플라즈마 발생원 및 플라즈마 표면개질 기술

플라즈마 표면처리는 생체적합성과 재료의 기계적, 화학적 성질을 향상시킬 수 있다. 일반적으로 플라즈마 기체는 압력과 방전 사이의 두께에 의존한 방전 전위와 기체를 통한 potential 인가에 의해 방전이 된다. 많은 저압 플라즈마 소스인 DC, RF 방전, ECR 플라즈마 소스는 전위 전기장이 낮고 전류를 더욱 더 잘 제어할 수 있는 저압에서 플라즈마 방전을 일으킬 수 있다. 이러한 플라즈마 소스는 적절한 제어로 넓은 영역의 균일한 전자 밀도를 가진 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 코로나 방전, 아크 플라즈마와 같은 다른 플라즈마는 생체의료 산업에

많이 이용되고 있다.

RF 방전은 넓은 부피의 균일한 플라즈마를 형성할 수 있기 때문에 플라즈마 표면 개질소스로 넓게 사용하는 것 중에 하나이다. RF 방전은 전기적 부하를 가진 RF power 결합 장치에 따라 Capacitive 결합 장치와 Inductive 결합 장치로 나눌 수 있다. 그 밖에 발생원으로 electron cyclotron resonance (ECR), 코로나 방전, 상압아크, 진공아크, 및 레이저 플라즈마가 있다.

플라즈마 표면처리 기술에는 플라즈마 스퍼터링과 에칭, 플라즈마 이온주입법과 플라즈마 deposition, 플라즈마 중합, 그리고 플라즈마-그래프팅 상호-중합 등과 같은 것이 있다.

3. 생체재료와 표면개질

생체재료란 각막에 접촉하는 콘택트 렌즈, 조직을 꿰매는 수술실, 수혈용 혈액을 보존하는 혈액 백, 혈액을 채취하는 주사기, 골절부를 고정하는 골 접합제 등으로 생체와 접촉하는 재료를 의미한다. 인공관절이나 인공심장등도 포함되며 이러한 생체재료가 아무리 뛰어난 기능을 갖고 있어도 분명한 독성을 보여 주는 경우에는 그것을 임상 사용하는 것은 불가능하다. 이상적인 생체재료는 표면이 생체적합성과 기계적 물성이 우수한 것으로, 이러한 특성을 충족시켜 줄 수 있는 생물학적, 물리화학적 표면처리 기술을 사용하여 많은 연구가 이루어져 왔다. 또한 독성 물질을 방출하지 않는 재료라 하더라도 재료 표면에 세포가 부착하면 그 세포로부터 사이토카인 등이 방출되고 그것이 정보 전달 물질이 되어 재료에 대하여 생체 반응이 일어나기 때문에 생체재료의 경우 생체 적합성이 무엇보다 중요하다. 생체 적합성이란 일반적으로 생체에 손해를 입히지 않고 방해도 하지 않으며 생체재료가 목적으로 하는 기능을 수행할 수 있는 성질로 정의된다.

3.1. 생체재료의 표면개질 효과

최적의 생체 적합 임플란트 표면의 제조에 요구되는 물리화학적 특성들에는 표면에너지 산화막의 두께, 화학적 조성, 그리고 표면 거칠기 등을 들 수 있으며, 생체재료의 0.33-1 nm의 단분자층을 개질하는 것이 이상적인 플라즈마 표면처리 방법이다.

인공관절등에 다공성 코팅을 이용한 접합법이 이용되고 있으며 다공성 표면을 만드는 방법에는 소결과 diffusion-bonding, 플라즈마 표면처리 방법이 있다. 소결은 일반적으로 녹는점이 1/2 이상 온도에서 수행되는 공정으로 확산에 의하여 입자간 결합을 형성하거나 입자와 임플란트가 서로 결합한다. 이 방법에 사용되는 금속 분말은 코발트계 합금이나 티타늄계 합금이다. Diffusion-bonding은 소결에 비해 상대적으로 낮은 온도의 공정으로 티타늄의 금속 섬유로 다공성 표면을 제조할 때 사용한다. 이것은 notch-sensitivity 효과를 유발시키고 피로강도를 감소시켜 높은 응력이 걸리는 부분에는 적당치 않은 방법이다.

플라즈마 에칭은, 플라즈마 활성화종으로 살아있는 생체와의 생체적합성이 적합한 생체재료의 표면을 마이크로-메크로-크기를 제어하여 다공성 표면을 만든다. 뼈 조직이 다공성 코팅 속으로 올바르게 성장하기 위해서는 적당한 pore의 크기가 필요하다. 실험 결과에 따른 뼈의 성장을 위한 최적의 pore 크기는 100~400um 정도로 간주된다. 또한 단위 부피당 porosity의 양도 중요한데, 구형일 경우 그 값이 30~40um일 때 뼈 조직이 성장하기에 적당하고 우수한 코팅 강도를 나타내는 것으로 연구보고 되어지고 있다.

3.2. 경조직 대체물의 플라즈마 표면처리

인공관절의 경우 마찰이 심각하게 고려된다. 특히 코발트계 합금 관절이 경우 더욱 그러한데, 마찰로 임플란트가 마모되면 임플라트 자체의 기계적 강도가 감소될 뿐만 아니라, 이로 인해 생성된 마모 파편들이 2차적으로 인접한 조직들을 파괴시킬 수 있다. 따라서 이러한 마모의 위험을 감소시키기 위하여 금속으로만 만들어진 관절을 사용하기보다는 마찰면에 폴리에틸렌(polyethylene), UHMWPE(ultrahigh-molecular-weight polyethylene)와 같은 고분자 재료를 사용하고 있다.

플라즈마 이온주입법을 이용한 티타늄과 같은 금속 재료의 표면처리는 표면 강도가 증가되며, 마찰계수와 마모성을 감소시킨다. 실험을 통하여 N^+ 를 사용하여 이온주입한 티타늄의 경우 마모성이 20% 감소하는 것을 관찰 할 수 있다.

티타늄의 플라즈마 표면처리 기술 중에 티타늄에 이온주입법으로 얇은 인산칼슘 층을 형성하여 bone-conductivity가 향상된다고 보고하였다. 이외, 금속 및 합금, 고분자, 세라믹 소재를 산소, 암모니아, hydroxyapatite, 플라즈마와 RF

플라즈마를 이용한 플라즈마 표면처리 및 표면코팅 도는 플라즈마 그래프팅을 통하여 경도의 향상, 마찰력과 마모성의 감소를 통한 생체적합성이 우수한 생체 재료를 생산하는 것에 대한 많은 연구 및 보고가 이루어지고 있다.

3.3. 혈액과 접촉하는 재료의 플라즈마 표면처리

재료 표면에 혈액이 접촉할 때 처음으로 일어나는 반응은 혈장 단백질의 흡착으로, 이러한 단백질의 흡착을 저지하면 혈전 형성을 방지할 수 있다고 연구 보고되어 지고 있다. 단백질의 비 흡착성 또는 세포의 비 부착성을 갖고 있는 표면은 물과의 계면 자유에너지가 제로에 가까운 표면을 갖고 있는 것이다.

그 중 고분자의 경우 많이 사용되어 왔으며, 규소 고무 및 폴리우레탄 소재는 이온 주입법을 이용하여 젖음성과 혈액이 응고되지 않도록 하는 성질을 개선한 것으로 보고되었다.

3.4. 수술용 재료의 플라즈마 표면처리

각막이식에 사용되기도 하며 도뇨관 소재로 사용되어 지는 실리콘 고무의 오염을 크게 줄일 수 있는 중요 인자로 표면에너지와 물 젖음성의 증가이다. 14 dyn/cm인 미처리 실리콘이 이온주입을 거치면 26 dyn/cm의 표면에너지가 된다. 표면에너지가 20~30 dyn/cm일 때 몸의 유동물질에 노출되었을 때 생체오염에 저항력을 갖는다고 보고되었다. 이러한 기술은 실리콘 고무 재료에 국한 되는 것이 아니라 polyetherurethane (PU)과 같은 소재와 필터, 막, 조직을 꿰매는 수술실, 수혈용 혈액을 보존하는 혈액백, 혈액을 채취하는 주사기, 골절부를 고정하는 골 접합체, 약물을 장시간에 걸쳐서 서서히 방출하는 조제용 재료 등에 적용하여 연구되어지고 있다.

4. 결론

표면처리기술로서 플라즈마의 적용은 생체소재공학에서 일반적인 부분을 차지하고 있다. 고분자 생체소재의 플라즈마 처리는 선별적으로 표면에너지를 조정할 수 있고, 기질간의 결합력을 증대할 수 있으며, 경도나 흡집 저항내성과 같은 생체오염을 최소화할 수 있다. 플라즈마 표면개질의 가장 중요한 이점은 더욱 생체

적합적인 표면특성으로 처리할 수 있거나, 재료의 벌크 특성을 유지하면서 국부적인 세포환경을 더 잘 모사할 수 있다는 것이다.

생체소재의 새로운 출현뿐만 아니라 새로운 플라즈마 처리기법은 더 나은 의료용장비의 설계와 생간을 가능하게 하는 것으로 떠오르고 있다.