



## 초친수성 표면에서 혈장 단백질 흡착 및 혈소판의 변화에 관한 연구

Blood Protein Adsorption and Platelet Activation on an Ultra-hydrophilic Substrate

---

저자 (Authors)	박남희, 전배혁, 제형곤, 이준완, 이재원 Nam Hee Park, Bae Hyeock Chun, Hyung Gon Je, Jun Wan Lee, Jae Won Lee
출처 (Source)	<a href="#">The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 40(4)</a> , 2007.4, 273-279 (7 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한흉부외과학회</a> Korean Society For Thoracic And Cardiovascular Surgery
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02212144">http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02212144</a>
APA Style	박남희, 전배혁, 제형곤, 이준완, 이재원 (2007). 초친수성 표면에서 혈장 단백질의 흡착 및 혈소판의 변화에 관한 연구. <i>The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery</i> , 40(4), 273-279.
이용정보 (Accessed)	계명대학교 114.71.5.214 2016/03/14 16:33 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.

이 자료를 원저작자와의 협의 없이 무단게재 할 경우, 저작권법 및 관련법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

The copyright of all works provided by DBpia belongs to the original author(s). Nurimedia is not responsible for contents of each work. Nor does it guarantee the contents.

You might take civil and criminal liabilities according to copyright and other relevant laws if you publish the contents without consultation with the original author(s).

# 초친수성 표면에서 혈장 단백질의 흡착 및 혈소판의 변화에 관한 연구

박남희\* · 전배혁\*\* · 제형곤\*\*\* · 이준완\*\*\* · 이재원\*\*\*

## Blood Protein Adsorption and Platelet Activation on an Ultra-hydrophilic Substrate

Nam Hee Park, M.D.\*, Bae Hyeock Chun, Ph.D.\*\*,  
Hyung Gon Je, M.D.\*\*\*, Jun Wan Lee, M.D.\*\*\*, Jae Won Lee, M.D.\*\*\*

**Background:** We evaluate the efficacy of ultra-hydrophilic coated bypass circuits in comparison with uncoated bypass circuits in a porcine cardiopulmonary bypass model. **Material and Method:** Normothermic cardiopulmonary bypass was performed in 10 anesthetized pigs via the left atrium and ascending aorta with a centrifugal biopump. Ultra-hydrophilic coated bypass circuits were used in 5 pigs (the study group) and uncoated bypass circuits were used for the control group. Platelet counts and platelet aggregation tests were performed. The thrombin-antithrombin (TAT) complex level and total protein level were evaluated. **Result:** There were no significant changes in the platelet counts and aggregation ability of both groups. The TAT complex levels were not different between the two groups. The total protein level was significantly lower in the control group after cessation of cardiopulmonary bypass. **Conclusion:** The clinical effects of ultra-hydrophilic coating circuits were not remarkable, in terms of reducing inflammatory reaction and protection of platelet function. However, the effect of protection for blood protein adsorption might be acceptable.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2007;40:273-279)

**Key word:** 1. Cardiopulmonary bypass, inflammatory response

### 서 론

개심술 및 대동맥 수술에 있어 필수적인 체외순환장치의 도관들은 폴리에틸렌, 피브러, 실리콘, 폴리프로필렌 등과 같이 비교적 생체적합성이 좋은 물질들로 만들어지지만 아직까지는 생체의 혈액과 접촉할 경우 비생물학적 물질(nonbiologic material)로 인식된다. 따라서 체외순환 시 인체에는 전신적인 염증반응(systemic inflammatory reaction)이 일어나면서 여러 가지 병리현상들을 동반하는 펌프 후 증후군(post-pump syndrome or post-perfusion syn-

drome)이 생기는데 개심술 후 정도의 차이는 있지만 피할 수 없는 현상이다[1-3]. 체외순환장치가 필수적인 개심술에서 전신성 염증반응에 의한 합병증을 최소화시킬 수 있다면 이는 개심술에 따른 수술 사망률 및 이환율을 줄이는 데 중요한 역할을 한다. 염증반응을 줄이기 위해서는 두 가지 측면에서 접근해 볼 수 있는데 하나는 약물을 이용하여 염증반응의 특정 단계를 차단하는 방법이며[4,5], 다른 한 가지는 체외순환회로의 생체적합성을 최대화하는 것으로[6-9] 요약해 볼 수 있다. 국내에서는 대부분 약물을 사용하여 염증반응의 정도를 최소화하고자 하는 임

\*계명대학교 의과대학 동산의료원 흉부외과학교실  
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Dongsan Medical Center, Keimyung University College of Medicine

\*\* (주) N.B.T

Nano-biotechnology Corporation

\*\*\*울산대학교 의과대학 서울아산병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan

논문접수일 : 2006년 11월 17일, 심사통과일 : 2007년 2월 21일

책임저자 : 이재원 (138-736) 서울시 송파구 풍납2동 388-1, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 흉부외과

(Tel) 02-3010-3580, (Fax) 02-3010-6966, E-mail: jwlee@amc.seoul.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

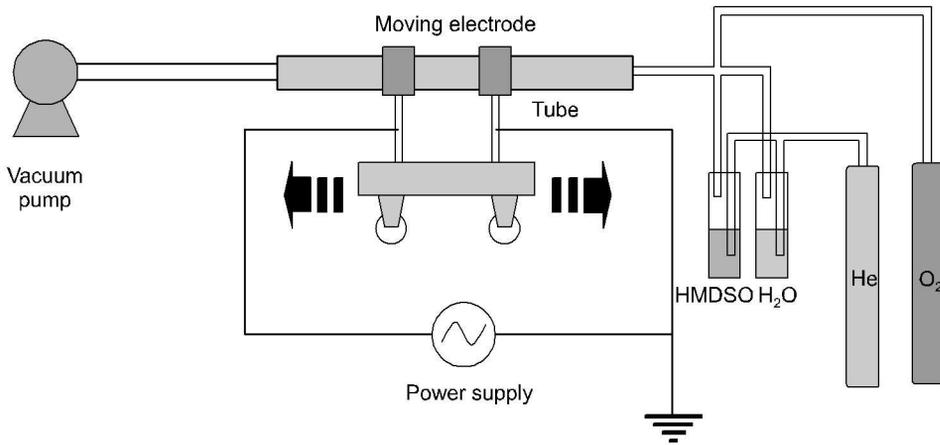


Fig. 1. Plasma reactor for surface treatment extracorporeal circuit.

상적인 연구가 주류를 이루고 있는 가운데 선경 등[10]이 국산 헤파린 우회도관을 개발하여 좋은 실험결과를 발표한 적이 있다.

본 연구에서 기존의 헤파린 코팅과는 달리 다른 고분자 물질로 도관의 표면을 코팅하여 그 효과를 분석해 보고자 하였다. 플라즈마(plasma)는 이온화한 가스상태를 뜻하는데 플라즈마를 고체물질(여기서는 도관)에 접촉하면 얇은 막이 입혀지게 되고 이 고분자 표면에 -OH, -COOH, -NH<sub>2</sub> 등의 작용기를 부착하여 표면을 초친수성(물과의 접촉각 < 5°)으로 바꾸어 줌으로써 도관의 표면에 여러 층의 수분막이 형성되도록 하였다[11,12]. 이런 상태는 김이 서리지 않는 안경을 만드는 것과 같이 체외순환 시 혈액 내의 아미노산, 단백질, 혈소판 등이 고분자 표면으로 이동하는 것을 방해하며 이들의 흡착을 어렵게 함으로써 응고반응을 줄일 수 있을 것으로 가정하여 동물실험을 통해 응고반응의 정도를 비교하였다.

## 대상 및 방법

### 1) 도관의 초친수성 표면처리

체외순환회로의 도관 안에 초친수성 표면을 만들기 위한 플라즈마 발생 장치(glow discharge)는 Fig. 1과 같이 제작하였다. 장치는 그림에서 보는 바와 같이 Advanced Energy사의 600 W RF (radio frequency; 13.56 MHz) power supply, Edwards사의 RV5 vacuum pump, 그리고 MKS사의 mass flow controller를 이용한 monomer와 gas를 흘려줄 수 있는 장치로 구성되어 있다. Monomer는 Aldrich사의 HMDSO (hexamethyldisiloxane)을 사용하였고, grafting을 위한 H<sub>2</sub>O는 증류수를 사용하였다. Blood vessel 안을 균일하

게 plasma polymer로 coating하거나 grafting하기 위하여 전극을 바퀴 위의 판에 고정하여, 움직일 수 있게 하였다. 초친수성 표면처리의 공정은 다음과 같다.

- (1) 도관을 흡인펌프, 그리고 monomer와 gas를 흘려주는 장치에 연결한다.
- (2) 도관 내의 공기를 흡인장치를 이용해 제거한다.
- (3) 도관의 내부에 1 sccm (cm<sup>3</sup>/min, standard cubic centimeter per minute)의 속도로 산소를 흘려준다.
- (4) 전극을 좌우로 번갈아가며 반복하여 30 cm/min의 속도로 움직여 준다.
- (5) 도관의 내부를 O<sub>2</sub> plasma와 50 watts의 RF를 이용하여 5분간 cleaning한다.
- (6) 도관의 내부를 재흡인한다.
- (7) 도관의 내부에 1.5 sccm의 속도로 HMDSO (hexamethyldisiloxane) vapor를 흘려준다.
- (8) 4번과 동일한 방법으로 전극을 움직인다.
- (9) 도관 내부에 50 watts power로 10분간 HMDSO plasma polymerization을 한다.
- (10) 도관의 내부를 재흡인한다.
- (11) 도관의 내부로 1.0 sccm의 속도로 water vapor를 흘려준다.
- (12) 4번과 동일한 방법으로 전극을 움직인다.
- (13) 도관 내부에 만들어진 HMDSO plasma polymer 표면에 -OH (hydroxyl group)을 이용한 plasma grafting을 30 watts power로 5분간 시행한다.
- (14) 도관의 내부를 재흡인한다.

### 2) 실험 동물의 준비 및 체외순환

실험동물은 60 kg 내외의 건강한 돼지를 대상으로 하였

으며 실험동물의 준비(검수, 검역, 순화) 및 사육관리는 미국 국립보건원(National Institutes of Health)의 지침(NIH publication 85~23)에 근거한 아산생명연구소 실험동물실의 프로그램에 따라 이루어졌다. 실험동물의 마취는 먼저 10~15 mg/kg의 Ketamine (유한양행, Korea)을 근육 주사하여 안정시킨 다음 사지를 고정하고 귀 후방의 정맥에 20 gauge의 정맥주사용 카테타(동방의료기, Korea)를 거치하여 정맥 통로를 확보한 뒤 Dormicum (한국로슈, Korea)을 5 mg 투여하였다. 심전도 감시를 시행하며 호흡을 확인하면서 기도 확보를 위한 기관 절개를 시행하고 기관 삽관을 시행하였다. 흡입마취제로는 Enflurane (중외제약, Korea)을 사용하였으며 Vecronium (이연제약, Korea) 등의 근이완제를 투여하면서 전신마취를 유지하였다. 정중흉골 절개를 시행한 후 좌측 내유동맥에 동맥 카테타(arterial line)를 거치하여 수술 중 혈압을 연속적으로 감시하였고 상대정맥에 18 gauge의 카테타를 설치하여 수액공급의 통로를 확보하였다.

심낭을 절개하여 좌심방과 상행대동맥에 캐놀라를 거치한 다음 원심성 바이오펌프를 이용하여 두 시간 동안 정상체는 하에서 체외순환을 시행하였다. 이때 대동맥 및 좌심방 캐놀라, 그리고 원심성 바이오펌프의 헤드는 아무런 처치를 하지 않은 상품화된 제품을 사용하였으며 도관의 표면처리 여부에 따라 무작위로 각 5마리씩 실험군과 대조군으로 나누어 실험을 진행하였다. 회로의 총 길이는 약 360 cm로 그 중 도관의 길이는 좌심방 캐놀라와 바이오펌프의 헤드까지 그리고 헤드에서 상행대동맥 캐놀라까지 각각 150 cm로 제작하였는데 이는 실험실에서 제작할 수 있는 최대한의 길이였다. 헤파린은 15,000 IU을 투여하여 Activated clotting time이 300초가 넘도록 유지하였다. 2시간의 체외순환이 끝난 후 프로타민으로 중화한 다음 혈액을 채취하고 실험동물을 희생시켰다.

### 3) 응고반응에 대한 평가

체외순환으로 인한 응고반응의 정도를 비교 분석하기 위해 체외순환 시작 전, 체외순환 30분, 체외순환 60분, 그리고 체외순환 종료 직후에 혈소판의 수를 측정하였으며, 동일한 시간에 트롬빈-안티트롬빈 복합체(thrombin-anti-thrombin complex, TAT)의 혈중 농도를 측정하였다. 또한 체외순환 전과 체외순환 후의 혈소판 응집능을 비교하였으며 혈중 총 단백량을 비교하였다. TAT는 enzyme immunoassay kit (Enzygnost TAT micro, Dade-Behring, Germany)를 사용하여 측정하였으며 혈소판의 응집능은 adenosine

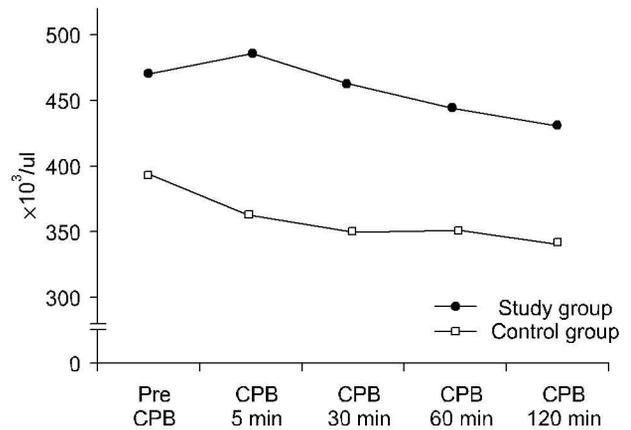


Fig. 2. Changes in platelet count during cardiopulmonary bypass. CPB=Cardiopulmonary bypass.

diphosphate (ADP), collagen, epinephrine 및 ristocetin을 응집제로 하여 Platelet aggregation profiler (PAP-4) (Bio/Data Corp., USA)를 이용하여 측정하였으며 측정값은 백분율(%)로 표시하였다.

## 결 과

### 1) 혈소판 수 및 응집능 검사

혈소판의 수는 두 군에서 모두 체외순환의 시작과 함께 감소하기 시작하여 체외순환 종료까지 지속적으로 감소하였으나 통계적으로 의미 있게 감소하지는 않았다(Fig. 2). 또한 혈소판의 응집기능을 측정한 응집능 검사에서는 4가지 매체에 대해 모두 체외순환시작 전에 비해 응집능이 감소되었으나 모두 정상범위 안에 있어 혈소판의 기능저하는 관찰되지 않았다(Fig. 3).

### 2) 혈 단백질 총량 및 트롬빈-안티트롬빈 복합체

체외순환 전에 측정된 혈장 총단백량은 실험군에서 7.02±0.7 g/dL, 대조군에서 7.35±0.4 g/dL로 유의한 차이가 없었으나 체외순환 후 실험군에서 5.60±0.7 g/dL, 대조군에서 4.05±0.8 g/dL로 대조군에서 유의한(p<0.05) 감소를 보였다(Fig. 4). 또한 트롬빈 안티트롬빈 복합체 검사에서는 체외순환 전 6.25±0.8 ug/L vs 6.47±0.8 ug/L (실험군 vs 대조군)에서 시작과 함께 서서히 증가하여 30분에 38.0±12.1 ug/L vs 48.3±17.6 ug/L, 60분에 63.8±18.6 ug/L vs 52.1±8.5 ug/L, 120분에 66.0±17.0 ug/L vs 76.5±18.9 ug/L로 증가하였는데 시간대별로 비교하여 본 TAT 복합체의 농도는 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(Fig. 5).

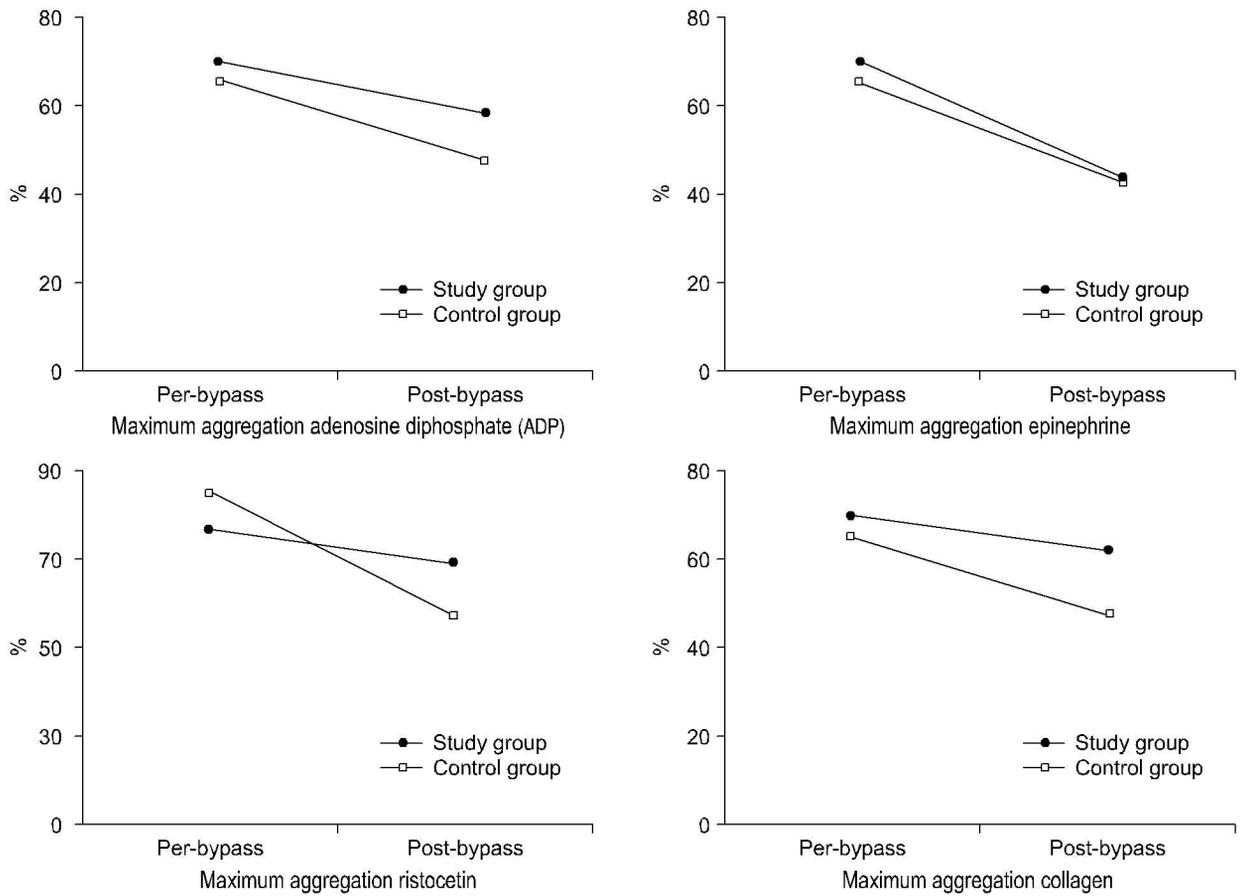


Fig. 3. Platelet aggregation test demonstrated that the aggregation activities after cardiopulmonary bypass were decreased but within normal values.

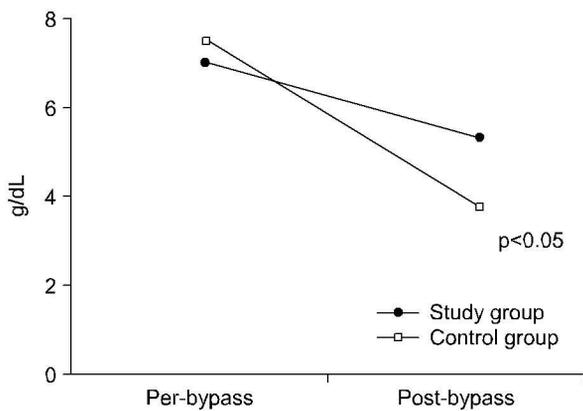


Fig. 4. Changes in total plasma protein level.

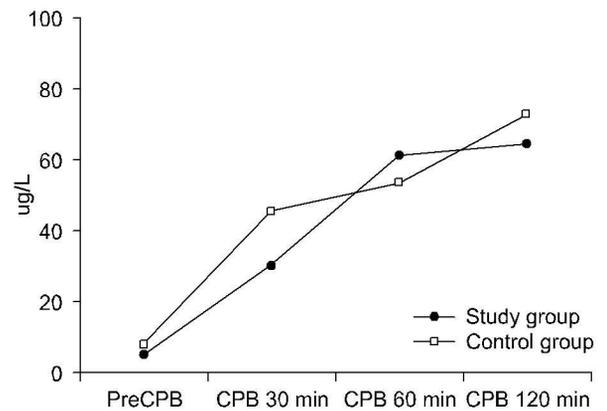


Fig. 5. Changes in thrombin-antithrombin (TAT) complex levels during cardiopulmonary bypass (CPB). CPB=Cardiopulmonary bypass.

### 고찰

본 연구에서는 체외순환회로의 도관에 기존의 알려진

헤파린 코팅이 아니라 플라즈마를 이용한 초친수성 표면 처리를 시행하고 동물실험을 통해 염증반응 지표들의 변화를 분석하여 그 임상적 효과를 비교해 보았다. 초친수

성 표면 처리의 기본적인 개념은 앞서 언급한 것처럼 도관의 표면에 고분자 물질을 입힌 다음 고분자 물질이 물(H<sub>2</sub>O)분자와 친화력이 있도록 만든 다음 물분자와 결합시켜 회로의 표면에 얇은 수분막을 형성하게 하는 것이다. 체외순환 시 염증반응은 잘 알려진 바와 같이 혈액이 nonbiologic surface와 접촉하면서 contact system이 활성화되고 이어서 혈액응고계, 보체계, 섬유소 용해계의 활성화가 연속적으로 일어나는 것이다. 따라서 초친수성 표면을 가진 회로를 사용하면 회로의 표면에 수분막이 입혀지게 되면 이후 혈액이 표면에 노출되더라도 물분자보다 분자량이 훨씬 큰 혈장단백이 도관의 표면으로 이동하여 흡착되는 것이 어려운 것이므로 contact system의 활성화를 억제할 수 있으리라 가정하였다.

그러나 본 실험의 결과는 체외순환회로의 초친수성 표면처리가 전체적으로 염증반응을 차단하는 데 그다지 효과적이지 못함을 보여주었다고 할 수 있다. 우선 전신성 염증반응의 결과로 나타날 수 있는 혈소판의 기능 저하를 관찰하기 위하여 adenosine diphosphate (ADP), collagen, epinephrine 및 ristocetin을 응집매체로 하여 혈소판의 응집 기능을 측정하였다. 체외순환 전에 비해 혈소판의 응집능 기능은 감소하였으나 두 군 간에 유의한 차이가 없었다. 또한 체외순환에 따른 혈소판 수의 변화도 두 군 간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 혈액응고시스템 활성화로 유리된 혈중 트롬빈의 정도를 나타내는 트롬빈-안티트롬빈 복합체의 비교에서도 유의한 차이가 없어 효과적인 염증반응의 차단 효과를 관찰할 수 없었다. 그러나 본 실험에서 의미 있었던 결과 한 가지는 체외순환 전후로 비교한 혈액 내 총 단백질량(total protein)의 수치에서 두 군 간에 유의한 차이를 보인 점이다.

체외순환에서 염증반응의 시작은 혈액이 체외순환회로의 인공표면에 노출되면서 수초 내에 혈장단백이 체외순환회로의 표면에 흡착되고, 흡착된 단백질에 구조적인 변화가 일어나 혈소판이 흡착 및 응집되는 등 활성화됨으로써 염증반응이 연속적으로 일어나게 된다[13]. 본 연구에서 초친수성 표면개질을 시행하지 않은 대조군이 실험군에 비해 체외순환 후 혈장 단백질의 총량이 유의하게 감소하였다는 사실은 초친수성 표면처리가 어느 정도 혈장 단백질의 흡착을 감소시키는 역할을 하였다고 볼 수 있다. 이는 곧 혈장 단백질의 흡착을 줄임으로써 판의 흡착과 응고로 이어지는 염증반응의 정도를 감소시킬 수 있을 것으로 판단하였으나 본 실험에서 나타난 결과와 같이 실제 염증반응의 정도를 나타내는 지표들은 두군 간에 차이가 없었다. 이

러한 결과에서 과연 흡착된 단백질의 양과 혈소판의 흡착 사이에는 어떤 상관관계가 있는지 의문이 생긴다. 일부 연구에 의하면 흡착된 단백질의 양보다는 흡착된 단백질의 구조변화(conformational change) 또는 배열변화(orientational change)가 혈소판의 흡착정도와 일정한 관계를 가지는 것으로 알려져 있다[14,15]. Tanaka 등의 연구에서 보면 흡착된 혈장 단백질의 양이 비슷하였던 서로 다른 코팅재질에서 단백질의 구조적인 변화는 서로 달랐고 이로 인해 혈소판의 활성화되는 정도 역시 확연히 다르다는 점을 확인하여 이를 뒷받침하고 있다[16]. 따라서 본 실험에서 초친수성 표면개질의 효과로 혈장 단백질의 흡착이 감소되었다는 간접적인 결과를 얻었지만 궁극적으로는 혈소판의 활성화로 유도되는 염증반응을 감소시키지 못한 점이 앞서 언급한 흡착된 단백질의 과도한 구조적인 변화로 인한 것인지에 대해 향후 추가적인 연구가 필요하겠다.

본 연구에서는 초친수성 표면개질의 생체적합성을 평가하기 위한 응고반응의 평가도구로서 여러 가지 지표들을 조사하였다. 특히 트롬빈 형성의 표지자인 트롬빈-안티트롬빈 복합체는 응고반응의 활성화 정도를 알려주는 대표적인 표지자로서 많은 연구에서 활용되고 있다. 그러나 이 표지자는 체외순환회로의 생체적합성을 평가하는 실험모델에서는 수술적 외상 등에 의해 결과에 영향을 받을 수 있는 간접적인 평가 방법이라는 점에서 제한점이 있다. 따라서 체외순환회로의 생체적합성 판정에 있어서 회로 표면의 변화, 즉 혈장단백의 흡착정도 또는 혈소판의 흡착정도를 직접 관찰하고 이를 객관화 하는 것이 중요한데 이성호 등[17]은 방사성동위원소(Tc99m)를 이용한 혈소판 흡착의 정량분석법을 개발하여 객관적인 평가가 가능하였다고 하였다. 참고로 본 실험에서도 실제 회로 표면에 어떠한 변화가 일어나는지를 관찰하기 위해 흡착된 단백질의 정량분석 및 표면전자현미경 검사를 시도하였다. 그러나 이러한 검사들은 위의 저자들이 지적한 대로 관찰자 및 검체 부위에 따라 매우 상이한 결과가 도출되어 실험결과로 인정하기 어려운 점들이 있었다. 따라서 본실험에서 방사성동위원소를 이용하는 방법 등을 포함한 직접적이면서도 객관적인 평가방법을 통하여 초친수성 표면개질의 효과를 분석하지 못한 점이 제한점으로 생각된다.

또한 추가적으로 고려해야 할 사항으로는 실험 모델에서의 제한점이 있을 것으로 생각된다. 실제 임상에서는 산화기(oxygenator) 및 흡인장치(cardiotomy suction device)로 인한 혈소판의 활성화 또는 파괴로 인해 혈소판의 수가 감소하고 그 기능이 저하되는 것으로 알려져 있는데

본 실험 모델에서는 이러한 영향이 배제되어 있어 혈소판의 수나 기능에 그다지 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 약 20~30 cm 길이의 캐놀라와 원심성 바이오펜트헤드 내의 튜빙 라인에 대해서는 초친수성 표면 처리를 하지 않았다는 점이다. 전체 회로에서 표면개질을 하지 않은 부분이 있다는 것은 그 부분에서 contact system 및 coagulation system의 활성화가 유도되었을 가능성이 있을 것으로 생각된다. Sahara 등[9]에 의하면 전체 회로를 특정 물질로 완전히 코팅하였을 경우 응고체계 활성화의 결과물인 TAT 복합체가 현저하게 낮은 것으로 보고되고 있는 만큼 본 실험에서는 아직 기술적으로 튜빙라인 이외의 회로에 대해 초친수성 표면 처리를 하지 못한 점이 위와 같은 결과에 영향을 미친 것으로 생각된다.

## 결론

초친수성 표면 처리의 효과는 체외순환 시 혈장단백의 표면 흡착에 따른 혈장단백의 감소를 줄일 수 있었으나 이로 인한 응고반응의 감소효과는 관찰할 수 없었다. 이러한 결과에서 혈장단백의 흡착도와 응고반응의 활성화의 상관관계에 대한 연구가 필요하며 생체적합성 판정에 있어 좀 더 객관적인 검사 방법의 도입 및 적용이 필요할 것으로 생각된다. 또한 향후 초친수성 표면처리 기술발전과 함께 산학 협동 또는 다학제간 협동 연구를 통해 좀 더 발전된 실험 모델이 정립되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

1. Edmunds LH. *Inflammatory response to cardiopulmonary bypass*. Ann Thorac Surg 1998;66:S12-6.
2. Courtney JM, Matata BM, Yin HQ, Esposito A, Mahiout A. *The influence of biomaterials on inflammatory responses to cardiopulmonary bypass*. Perfusion 1996;11:220-8.
3. Paparella D, Yau TM, Young E. *Cardiopulmonary bypass induced inflammation: pathology and treatment. An update*. Eur J Cardiothorac Surg 2002;21:232-44.
4. Landis RC, Asimakopoulos G, Poullis M, Haskard DO, Taylor KM. *The antithrombotic and antiinflammatory mechanisms of action of aprotinin*. Ann Thorac Surg 2001;72:2169-75.
5. Despotis GJ, Avidan MS, Hogue CW. *Mechanisms and attenuation of hemostatic activation during extracorporeal circulation*. Ann Thorac Surg 2001;72:S1821-31.
6. Gu YJ, Oeveren W, Akkerman C, Boonstra PW, Huyzen RJ, Wildevuur CR. *Heparin-coated circuits reduce the inflammatory response to cardiopulmonary bypass*. Ann Thorac Surg 1993;55:917-22.
7. Videm V, Mollnes TE, Fosse E, et al. *Heparin-coated cardiopulmonary bypass equipment. I. biocompatibility markers and development of complications in a high-risk population*. J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:794-802.
8. Videm V, Mollnes TE, Fosse E, et al. *Heparin-coated cardiopulmonary bypass equipment. II. biocompatibility markers and development of complications in a high-risk population*. J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:803-9.
9. Sahara H, Sawa Y, Nishimura M, et al. *Efficacy of new coating material, PMEA, for cardiopulmonary bypass circuits in a porcine model*. Ann Thorac Surg 2001;71:1603-8.
10. Sun K, Park KD, Baik KJ, et al. *Development of Korean version of heparin-coated shunt*. Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1999;32:97-107.
11. Kang MS, Chun BH, Kim SS. *Surface modification of polypropylene membrane by low-temperature plasma treatment*. J Appl Polym Sci 2001;80:1555-66.
12. Bae B, Chun BH, Kim D. *Surface characterization of microporous polypropylene membranes modified by plasma treatment*. Polymer 2001;42:7879-85.
13. Andrade JD. *Principles of protein adsorption*. In: Andrade JD. *Surface and interfacial aspects of biomaterial polymers*. New York: Plenum Publ. 1985;1-80.
14. Chinn JA, Horbett TA, Ratner BD. *Baboon fibrinogen adsorption and platelet adhesion to polymeric materials*. Thromb Haemostas 1991;6:608-17.
15. Tsai WB, Grunemeier JM, Horbett TA. *Human plasma fibrinogen adsorption and platelet adhesion to polystyrene*. J Biomed Mater Res 1999;44:130-9.
16. Tanaka M, Motomura T, Kawada M, et al. *Blood compatible aspects of poly (2-methoxyethylacrylate)-relationship between protein adsorption and platelet adhesion on PMEA surface*. Biomaterials 2000;21:1471-81.
17. Lee SH, Sun K, Choi JG, et al. *Evaluation of biocompatibility of extracorporeal circuit-development of a quantification technique using In-vivo injection of Tc99m radioactive platelets*. Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2002;35:171-6.

=국문 초록=

**배경:** 체외순환으로 발생하는 전신성 염증반응을 줄이기 위해 체외순환 회로의 표면에 초친수성 표면개질을 시행한 후 혈장 단백질의 흡착 및 혈소판의 변화를 관찰하였다. **대상 및 방법:** 60 kg 내외의 돼지 10마리를 대상으로 하였다. 체외순환은 좌심방과 상행대동맥에 케놀라를 거치하여 원심성 바이오펌프를 이용해 2시간 동안 정상체온 하에서 시행하였다. 이때 실험군(n=5)에서는 체외순환회로에 초친수성 표면처리를 하였으며 대조군(n=5)에서는 상용화된 일반적인 튜빙을 사용하였다. 체외순환에 따른 염증반응의 정도를 비교하기 위하여 혈소판 수 및 응집능 검사, 트롬빈-안티트롬빈 복합체 검사, 그리고 혈액 내 총 단백량을 측정하였다. **결과:** 양 군에서 모두 혈소판의 수 및 응집능 기능검사에서 유의한 차이를 보이지 않았으며 또한 트롬빈-안티트롬빈 복합체의 농도에서도 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 총 단백질의 측정에서는 체외순환 후 대조군에서 실험군에 비해 유의하게 감소되었다. **결론:** 초친수성 표면처리는 체외순환 시 혈장 단백질의 표면흡착에 따른 혈장 단백질의 감소를 줄일 수 있었으나 이로 인한 염증반응의 감소효과는 관찰할 수 없었다.

**중심 단어 :** 1. 체외순환, 염증반응