



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2021-0069853  
(43) 공개일자 2021년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 8/08 (2006.01) A61B 8/06 (2006.01)  
G06T 7/00 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 8/0891 (2013.01)  
A61B 8/06 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0159621  
(22) 출원일자 2019년12월04일  
심사청구일자 2019년12월04일

(71) 출원인  
충남대학교병원  
대전광역시 중구 문화로 282 (대사동)  
기초과학연구원  
대전광역시 유성구 엑스포로 55(도룡동)  
(72) 발명자  
김제  
대전광역시 중구 서문로 96, 201동 1503호(문화동, 센트럴파크2단지아파트)  
전기완  
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 405동 204호(전민동, 엑스포아파트)  
(74) 대리인  
김원준

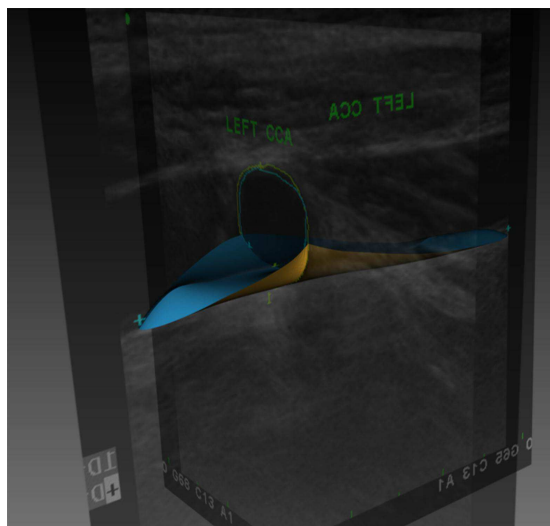
전체 청구항 수 : 총 9 항

**(54) 발명의 명칭 동맥 2차원 초음파영상을 이용한 동맥경화반의 표면형상 및 3차원구조 추정방법**

**(57) 요약**

본 발명은 두 장의 다른 방향에서 측정된 동맥의 초음파영상으로부터 동맥경화 경화반의 형상 및 구조를 추정하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 (A) 경화반이 있는 경동맥의 혈류방향 초음파영상('길이영상'이라 함) 및 상기 길이영상에서 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)의 단면방향 초음파영상('단면영상'이라 함)을 획득하는 단계; (B) 장축이 상기 길이영상에서의 경화반 길이와 같고, 상기 위치(P)에서 폭이 상기 단면영상에서의 경화반 길이와 같으며, 상기 위치(P)에서 장축과 단축이 직각으로 교차하는 십자선을 작성하는 단계; 및 (C) 상기 십자선의 중심 및 장축과 단축의 네 말단의 위치 및 거리 정보로부터 소정의 수학적 방식을 이용하여 불룩한 폐곡선으로 이루어지는 사영면을 도출하는 면도출단계;를 포함하는 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법 및 이를 이용한 경화반 3차원구조 추정방법에 관한 것이다.

**대표도** - 도5b



(52) CPC특허분류

*A61B 8/085* (2013.01)  
*A61B 8/483* (2013.01)  
*A61B 8/5223* (2013.01)  
*G06T 7/0012* (2013.01)  
*G06T 2207/10132* (2013.01)  
*G06T 2207/30101* (2013.01)

**현윤경**

대전광역시 서구 도안북로 125, 107동 1805호(도안동, 금성백조 예미지 아파트)

(72) 발명자

**하태영**

세종특별자치시 보람동로 14, 806동 1802호(보람동, 호려울마을8단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711099803
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가수리과학연구소
연구사업명	산업수학 전략연구
연구과제명	바이오 의료영상/컴퓨팅의 수학적 모델링과 해석 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국가수리과학연구소
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

(A) 경화반이 있는 경동맥의 혈류방향 초음파영상('길이영상'이라 함) 및 상기 길이영상에서 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)의 단면방향 초음파영상('단면영상'이라 함)을 획득하는 영상획득단계;

(B) 장축이 상기 길이영상에서의 경화반 길이와 같고, 상기 위치(P)에서 폭이 상기 단면영상에서의 경화반 길이와 같으며, 상기 위치(P)에서 장축과 단축이 직각으로 교차하는 십자선을 작성하는 축배치단계;

(C) 상기 십자선의 중심 및 장축과 단축의 네 말단의 위치 및 거리 정보로부터 소정의 수학적 방식을 이용하여 불룩한 폐곡선으로 이루어지는 사영면을 도출하는 면도출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 사영면은,

경화반의 가장 두꺼운 두께(높이)가 작을수록 타원형에 가깝고, 클수록 직사각형에 가깝도록 조정되는 것을 특징으로 하는 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 2에 의한 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

#### 청구항 4

청구항 3에 의한 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

#### 청구항 5

(A) 경화반이 촬영된 경동맥의 혈류방향 초음파영상('길이영상'이라 함) 및 상기 길이영상에서 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)의 단면방향 초음파영상('단면영상'이라 함)을 획득하는 영상획득단계;

(B) 장축이 상기 길이영상에서의 경화반 길이와 같고, 상기 위치(P)에서 폭이 상기 단면영상에서의 경화반 길이와 같으며, 상기 위치(P)에서 장축과 단축이 직각으로 교차하는 십자선을 작성하는 축배치단계;

(C) 상기 십자선의 중심 및 장축과 단축의 네 말단의 위치 및 거리 정보로부터 소정의 방식으로 불룩한 폐곡선으로 이루어지는 사영면을 도출하는 면도출단계;

(D) 상기 사영면 경계의 높이를 0으로 정의하고, 상기 길이영상 및 단면영상에서의 경화반의 단면의 높이와 형태를 상기 사영면의 장축과 단축의 수직단면에 반영하는 축단면결정단계;

(E) 상기 사영면의 경계, 상기 사영면의 장축과 단축의 수직단면을 참조하여 사영면 임의 위치(x, y)에서의 경화반 표면 높이를 계산하는 높이결정단계; 및

(F) 상기 사영면의 장축과 단축의 수직단면 및 상기 사영면 임의 위치의 표면 높이 정보로부터 경화반의 3차원

구조를 도출하는 구조도출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 동맥경화 경화반의 3차원구조 추정방법.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

경화반의 두께(높이)가 작을수록 타원형에 가깝고, 클수록 직사각형에 가깝도록 조정되는 것을 특징으로 하는 동맥경화 경화반의 3차원구조 추정방법.

**청구항 7**

청구항 5에 있어서,

상기 높이결정단계에서 사영면 임의 위치(x, y)의 표면 높이는.

임의 위치(x, y)에서 상기 장축에 평행인 선과 단축의 교차점(x, 0) 및 경계선의 교차점(x, Y) 사이의 거리 및 단축의 교차점(x, 0)에서의 표면 높이로부터 계산되는 제1높이와,

임의 위치(x, y)에서 상기 단축에 평행인 선과 단축의 교차점(0, y) 및 경계선의 교차점(X, y) 사이의 거리 및 단축의 교차점(0, y)에서의 표면 높이로부터 계산되는 제2높이로부터 결정되는 것을 특징으로 하는 동맥경화 경화반의 3차원구조 추정방법.

**청구항 8**

청구항 5 내지 7 중 어느 한 항에 의한 경화반의 3차원구조 추정방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

**청구항 9**

청구항 8에 의한 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 두 장의 다른 방향에서 측정된 동맥의 초음파영상으로부터 동맥경화 경화반의 형상 및 구조를 추정하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 동맥경화(atherosclerosis)란 혈관의 가장 안쪽 막(내피)에 콜레스테롤이 침착되고 혈관 내피세포의 증식이 일어나 경화반(plaque)이 생기면서 혈관이 협착(stenosis)되어(도 1 참조) 그 혈관이 말초로의 혈류 장애를 일으키는 질환이다. 동맥경화로 결국 말초로의 혈액순환에 장애가 생기면서 다양한 증상이 나타난다. 2018년 현재 한국에서는 1100 만명이 동맥경화증에 노출되어 있으며(비특허문헌1), 사망률 2~3위를 차지하는 심혈관질환 및 뇌혈관질환의 중요한 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 동맥경화를 조기에 진단하고, 동맥경화 환자의 병증 진행을 주기적으로 추적관찰하는 것이 필요하다.

[0003] 이러한 동맥경화증은 다음과 같은 몇 가지 방법으로 검사 및 진단되고 있다.

[0004] 자기공명영상(MRI)이나 컴퓨터단층영상(CT)에 의한 3차원 영상을 이용하여 인체 뇌혈관에 발생한 동맥경화의 면적 및 체적을 측정할 수 있다. 그러나 이에 의하면 고가의 비용이 소요될 뿐 아니라 방사선 조사나 조영제 사용에 따라 인체에 좋지 않은 영향을 줄 우려가 있다. 그리고 병증의 진행을 추적관찰해야 하는 경우에는 고비용이

나 방사선 피폭으로 인해 적지 않은 부담이 되고 있다.

- [0005] 이에 방사선을 사용하지 않고, 실시간으로 동맥경화의 조직 상태 및 혈류속도의 획득이 가능하고, 검사 비용이 저렴한 경동맥초음파검사가 많이 이용되고 있다. 이에 의하면 혈관 협착의 면적, 협착으로 인한 혈류속도 및 경화반의 길이/면적을 측정할 수 있다. 그러나 종래의 경동맥초음파검사에 의하면 협착면적은 전체 동맥경화 조직의 한 면에서의 면적을 재는 것이고, 가장 심한 협착 위치에서 측정된 혈류속도는 개인별/혈관별로 다를 뿐 아니라 동맥경화의 간접 정보이며, 경화반의 길이/면적은 장축 및 단면에 대한 정보이기 때문에 동맥경화(경화반)의 전체적인 윤곽 및 체적을 알 수가 없다.
- [0006] 혈류가 증가하는 국소혈관내피세포에 대하여 진단력을 증가시켜 혈관이 확장되는 현상을 이용한 초음파 상완 혈관확장 정도 검사(Flow-Mediated Dilation, FMD), 초음파기기를 이용한 경동맥 내막-중막 두께 측정(Carotid Intima-Media Thickness, IMT) 검사도 널리 활용되고 있다. 그러나 이들에 의하면 동맥경화의 정도를 간접적으로 확인하는 것(FMD)이거나, 임의 위치에서의 내중막 두께를 측정하는 것(IMT)이어서 경화반의 넓이, 부피나 형태에 대한 정보를 얻을 수 없는 단점이 있다.
- [0007] 등록특허 10-1059824는, 경동맥 초음파영상을 통해 상기 혈관의 내막 시작라인, 상대적 중막 시작라인, 및 외막 시작라인을 각각 분리하여 판독하고, 상기 판독한 각 라인을 통해 내막 두께와 중막 두께의 비율을 측정하는 기술을 제시하고 있다. 그러나 이에 의하면 경화반의 3차원 구조나 체적에 관한 정보를 얻을 수 없다.
- [0008] JP 2010-88795는 화상의 삼차원 볼륨 데이터로부터 혈관의 석회화, 혈관 내강, 혈관 외벽 및 혈관 플라그 정보를 추출하는 장치에 관한 것이다. 이에 의하면 혈관 플라그의 3차원 정보를 획득할 수 있지만, 특수한 장치 및 '삼차원 볼륨 데이터'를 필요로 한다.
- [0009] 비특허문헌 2(Med Phys. 2002 Oct;29(10):2319-27.)는 3차원초음파영상장치를 활용하여 경동맥 플라그 부피의 정량화를 시도하고 있으나, 고가이며 사용이 복잡한 3차원 초음파영상장치가 요구된다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 등록특허 10-1059824
- (특허문헌 0002) JP 2010-88795

**비특허문헌**

- [0011] (비특허문헌 0001)  
<http://medicalinnovation.or.kr/%ED%8C%8C%EC%9D%B4%EB%82%B8%EC%85%9C%EB%89%B4%EC%8A%A4%ED%95%9C%EA%B5%AD%EC%A7%80%EC%A7%88%2%B7%EB%8F%99%EB%A7%A5%EA%B2%BD%ED%99%94%ED%95%99%ED%9A%8C-%EC%9D%B4%EC%83%81%EC%A7%80%EC%A7%88/>  
 (비특허문헌 0002) Med Phys. 2002 Oct;29(10):2319-27.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0012] 본 발명은 최소한의 동맥 2차원 초음파영상을 이용하여 동맥경화 경화반의 면적, 부피 및 형태를 간편하고 비교적 정확하게 측정하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0013] 또한 본 발명은 보편화된 통상의 초음파영상장치를 활용하여 동맥경화 경화반의 면적, 부피 및 형태를 간편하고 비교적 정확하게 측정하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 또한 본 발명은 손쉽고 저렴하고 안전하고 정확한 동맥경화 검사방법을 제시함으로써 환자의 신체적, 경제적 부담을 최소화하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0015] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은

[0016] (A) 경화반이 있는 경동맥의 혈류방향 초음파영상('길이영상'이라 함) 및 상기 길이영상에서 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)의 단면방향 초음파영상('단면영상'이라 함)을 획득하는 단계; (B) 장축이 상기 길이영상에서의 경화반 길이와 같고, 상기 위치(P)에서 폭이 상기 단면영상에서의 경화반 길이와 같으며, 상기 위치(P)에서 장축과 단축이 직각으로 교차하는 십자선을 작성하는 단계; 및 (C) 상기 십자선의 중심 및 장축과 단축의 네 말단의 위치 및 거리 정보로부터 소정의 수학적 방식을 이용하여 블록한 폐곡선으로 이루어지는 사영면을 도출하는 면도출단계;를 포함하는 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법 및 이를 이용한 경화반 3차원구조 추정방법인 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0017] 이상과 같이 본 발명에 의하면 널리 보급된 일반적인 초음파 검사장비를 활용하여 동맥경화의 정도, 협착의 범위, 경화반의 크기와 구조 등을 신속하게 측정할 수 있게 된다.

[0018] 또한 본 발명에 의하면 널리 보급된 통상의 초음파 검사장비로 동맥경화를 검사할 수 있으므로 안전하면서도 저비용이고 신속하게 동맥경화의 진단 및 환자의 경시적 추적관찰이 용이하게 된다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 혈관에 동맥경화반(atherosclerotic plaque)이 생긴 예를 보여주는 개념도.

도 2는 진행정도별 경화반의 형상과 두께를 보여주는 혈관 해부 사진.

도 3a는 본 발명에 의해 획득된 각각 하나의 초음파 길이영상 및 단면영상의 예.

도 3b는 본 발명에 의한 추정방법의 축배치단계 및 면도출단계 결과를 보여주는 예시적 도면.

도 3c는 동맥경화 진행도에 따른 경화반의 모양 변화를 개념적으로 보여주는 도면.

도 4a는 본 발명에 의한 방법에서, 장축과 단축에서 경화반의 단면을 결정하는 과정의 일예를 보여주는 도면.

도 4b는 본 발명에 의한 방법에서 경화반 임의의 위치의 경화반 높이를 추정하는 과정을 보여주는 도면.

도 4c는 본 발명에 의한 방법에서 경화반 각 위치에서 경화반의 높이를 측정하는 과정의 일부를 보여주는 도면.

도 5a는 본 발명에 의한 방법에 의해 추정된 경화반의 3차원구조를 보여주는 개념도.

도 5b는 본 발명에 의한 방법에 따라 추정된 경화반의 3차원구조를 초음파영상과 입체적으로 결합시킨 투시도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0020] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상의 내용과 범위를 쉽게 설명하기 위한 예시일 뿐, 이에 의해 본 발명의 기술적 범위가 한정되거나 변경되는 것은 아니다. 이러한 예시에 기초하여 본 발명의 기술적 사상의 범위 안에서 다양한 변형과 변경이 가능함은 당업자에게는 당연할 것이다. 또한 청구범위의 구성요소에 도면부호가 병기되어 있는 경우, 이는 설명 위한 예시적인 것일 뿐 도면부호로 구성요소를 한정하려는 의도는 아니다.

[0021] 전술한 바와 같이 본 발명은, 최소한의 초음파영상으로부터 동맥경화 경화반의 표면형상 및 3차원구조를 추정하는 방법에 관한 것으로서, 다음과 같은 임상학적, 해부학적 특징에 기초하여 도출된 것이다(도 2 참조).

[0022] ① 동맥경화 경화반은 혈류 방향으로 길게 생성된다.

[0023] ② 동맥경화가 진행되면서 경화반의 표면형상은 가느다란 타원형에서 모서리가 둥근 직사각형으로 변형되며 경화반의 두께는 점점 두꺼워진다.

[0024] 도 2에서 위의 두 사례는 표현형상이 가느다란 타원형이고 비교적 경화반의 두께가 얇고, 아래의 두 사례는 표면형상이 대략 직사각형이고 비교적 경화반 두께가 두꺼운 것을 볼 수 있다. [혈관과 경화반의 크기와 형태 등은 '생물학적 현상'에 의한 것이므로 수학적으로 정형화된 크기와 형태를 가질 수 없음은 당연하다.]

[0025] (1) 경화반의 표면형상 추정방법

[0026] 본 발명에 의한 경화반의 표면형상 추정방법은 **영상획득단계**, **축배치단계** 및 **면도출단계**를 포함하여 이루어진다.

[0027] 본 발명에서 상기 **영상획득단계**는, 경화반의 표면형상을 추정하기 위한 기초자료인 최소한의 초음파영상 즉, 경화반이 있는 (= 협착이 있는) 경동맥의 혈류방향 초음파영상('길이영상'이라 함) 및 상기 길이영상에서 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)의 단면방향 초음파영상('단면영상'이라 함)을 획득하는 단계이다. 도 3a에 이렇게 획득된 각각 하나의 길이영상(왼쪽) 및 단면영상(오른쪽)의 예를 도시하였다. 첨부된 영상에서 혈관내벽과 경화반관이 명백히 구분됨을 확인할 수 있는데, 이러한 구분은 오퍼레이터에 의해 수동적으로 또는 소정의 프로그램이나 AI 등('프로그램'이라 칭하기로 함)에 의해 자동으로 이루어질 수 있을 것이다. 이하에서는 수동적으로 이루어지는 것으로 가정한다.

[0028] 이어서 상기 **축배치단계**에서는, 장축이 상기 길이영상에서의 경화반 길이와 같고, 상기 경화반이 가장 두꺼운 위치(P)에서 폭이 상기 단면영상에서의 경화반 길이와 같으며, 상기 위치(P)에서 장축과 단축이 직각으로 교차하는 십자선을 작성한다(도 3b에서 좌측도면 참조).

[0029] 상기 도 3a를 참조하면, 길이영상 및 단면영상에서 경화반의 처음과 끝(적색점으로 표시)과, 경화반의 가장 두꺼운 부분(연녹색점으로 표시) 및 그에 대응되는 바닥면(=혈관내벽)의 위치(녹색점으로 표시)를 확인할 수 있다. 따라서 장축과 단축의 길이, 장축과 단축이 직각으로 교차되는 위치(P)는 수동 또는 자동으로 결정된다.

[0030] 본 발명에서 상기 **면도출단계**는, 상기 십자선의 중심 및 장축과 단축의 네 말단의 위치 및 거리 정보로부터 소정의 방식 예를 들면, 다항식 근사를 활용하여 불룩한 폐곡선으로 이루어지는 사영면을 도출하는 단계이다(도 3b에서 우측도면 참조). 사영면을 도출하는 구체적인 방법은 다양한데, 아래에 두 가지 수학적 방법과 한 가지 경험적 방법을 예시한다.

[0031] 수학적으로 네 점이 주어지는 경우 3차의 다항식으로 표현 가능하다. 따라서 장축과 단축의 네 말단(붉은점)을 이용하여 3차의 다항식으로 폐곡선을 표현할 수 있다.

[0032] 또 다른 수학적 방법은 다음과 같다. 단축의 각 끝점에서 장축을 따라 생긴 각각의 직선을 L 또는 L'이라고 하자. 구성된 경화반의 경계의 임의의 한 점 p에서 두 직선 중 p에 가까운 직선 L(또는 L')에 내린 수선의 발을 p'라 하자. 이 두 점의 내분점을 p''라 하면 점 p''은 다음 수식 1과 같이 정의할 수 있다.

[0033] 
$$p'' = a*p + (1-a)*p' \text{ (수식 1)}$$

[0034] 점 p''를 경화반의 새로운 경계로 사용하면, 다양한 형태의 경화반의 모양을 획득할 수 있다. 여기서 a는 경화반의 두께에 비례하여 결정할 수 있다. 예를 들면, 단축영상에서 가장 두꺼운 부분을 1로 하고, 장축을 따라서 생기는 경화반의 두께의 비율로 a를 조절할 수 있다. 단, 여기서 a는 0보다 크거나 같고 1보다 작다. [한편, 위와 같이 p''을 이용해 만든 경화반의 경계는 불룩한 폐곡선이 되지 않을 수도 있다. 이를 피하고자, 불룩화 작업을 진행한다. 불룩화 작업은 상용 또는 공개소프트웨어를 활용하여 할 수 있다.]

[0035] 도 3a의 초음파영상을 기초로 하고 위 수식 1에 따라 결정된 경화반의 형태의 세 가지 예를 도시하였다. 각 예에서 a는 0.1, 0.5 및 0.9이다.

[0036] 한편, 앞서 경화반의 진행특성에 대해 언급한 바와 같이, 동맥경화가 진행되면서 경화반은 가느다란 타원형에서 모서리가 둥근 직사각형으로 변형되며 경화반의 두께는 점점 두꺼워진다. 즉, 경화반의 두께와 경화반의 표면형상에는 상당한 정도의 임상해부학적 관련성이 있다. 이러한 경험적 사실을 면도출단계에 반영하여 경화반의 표면형상을 '경험적으로 결정'할 수 있을 것이다. 예를 들면 동맥경화의 진행정도 즉, 경화반의 최대두께에 따라 ~2mm 미만, 3~4mm, 6mm 이상일 때 각각 도 3c에 도시한 것처럼 폐곡선 형태를 순차적으로 변화시킬 수도 있을 것이다.

[0037] 이상과 같은 본 발명의 방법에 의해 두 개의 초음파영상으로부터 혈관내 경화반의 표면형상을 추정할 수 있게 된다. 경화반의 표면형상이 추정되므로 이를 바탕으로 경화반의 면적도 계산할 수 있음은 당연하다.

[0038] (2) 경화반의 3차원구조 추정방법

[0039] 본 발명은 **영상획득단계**, **축배치단계**, **면도출단계**, **축단면결정단계**, **높이결정단계** 및 **구조도출단계**를 포함하는 동맥경화 경화반의 3차원구조를 추정할 수 있는 방법을 제시한다. 영상획득단계, 축배치단계 및 면도출단계는

전술한 바와 같기에 재설명을 생략한다.

[0040] 본 발명에서 상기 **축단면결정단계**는, 면도출단계를 거쳐 도출된 사영면에서, 경계의 높이를 0으로 정의하고, 상기 길이영상 및 단면영상에서의 경화반의 단면의 높이와 형태를 상기 사영면의 장축과 단축의 수직단면에 반영하는 단계이다. 여기서 '높이'란 혈관내벽면을 기준(0)으로 하는 경화반의 높이를 의미한다.

[0041] 도 3a로부터 오퍼레이터 또는 프로그램은 장축과 단축을 따라 경화반의 높이 즉, 장축과 단축에서의 경화반 단면의 모양과 규격을 결정할 수 있다. 도 4a에 길이영상 및 단면영상에서 장축과 단축에서의 경화반의 단면을 결정하는 과정의 일예를 도시하였다.

[0042] 도 4a의 길이영상에서 주황색선은 혈관내벽(=길이방향 장축의 기준면)을, 녹색선은 장축상의 경화반 표면을 나타내며, 단면영상에서 하부의 연녹색곡선은 혈관내벽(=단면방향 단축의 기준면)을, 녹색곡선은 단축상의 경화반 표면을 나타낸다. 길이영상과 단면영상을 직선상에 펼치면 장축과 단축에서의 경화반 단면의 모양과 규격이 된다.

[0043] 이어서 상기 **높이결정단계**에서, 상기 사영면의 경계, 상기 사영면의 장축과 단축의 수직단면을 참조하여 사영면 임의 위치(x, y)에서의 경화반 표면 높이를 계산한다. 즉, 높이결정단계는 사영면 내부 임의 위치의 높이를 추정하는 과정이다. 도 4b를 참조하여 설명한다.

[0044] 이제 추정된 경화반의 표면형상에서 사영면 내부 임의의 한점과 상기 장축 또는 단축의 최소한 어느 하나를 통과하는 직선은 항상 경계면과 두 번 만나게 된다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 도 4b에서처럼 상기 직선은 각각 장축과 단축에 평행인 두 직선(각각 청색선 및 적색선)을 예시한다. 이때 청색선을 포함하면서 기준면에 수직인 평면상에 높이를 아는 세 개의 점(p1, p2, p3)이 존재하게 되므로 세 점을 통과하는 2차함수를 구할 수 있고 점 p의 위치를 알고 있으므로 결국 점 p의 높이 u1을 계산할 수 있다. 동일한 방식으로 적색선과 관련하여 또 다른 점 p의 높이 u2도 계산할 수 있다. 오퍼레이터 또는 프로그램은 u1, 또는 u2 중 어느 하나를 점 p에서의 높이(=경화반의 두께)로 정할 수도 있고 u1과 u2를 변수로 하는 적절한 함수를 통해 높이를 정할 수도 있을 것이다. 함수를 이용하는 경우 예를 들면 다음 수식 2와 같은 편미분 방정식에 의해 두께를 결정할 수 있다. 이 경우 삼각화된 영역위에서 유한요소법에 따라 수치해석하는 방법을 택할 수 있다(도 4c 참조).

$$-\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) = f(x, y) \quad \text{(수식 2)}$$

[0045] [**u**는 각 곡면에서 좌표 (x, y)인 p 위치의 높이에 관한 함수,

[0047] **∂**는 편도함수 기호,

[0048] f(x, y)는 상기 두 2차함수의 최고차항 계수의 2배의 합]

[0049] 마지막으로 **구조도출단계**에서는, 전술한 높이결정단계에서 사영면의 임의의 점들에서의 경화반 두께가 계산된 것과 장축 및 단축의 수직단면 두께 정보를 모두 반영하여 경화반의 3차원구조를 도출한다. 이때 기준면(혈관내면)을 평면으로 표현할 수도 있고, 실체를 반영하여 기준면을 혈관내면의 둥근 단면형태가 되도록 변형할 수 있을 것이다. 도 5a에 기준면과 실제 혈관내면을 동일하게 한 경화반의 단독 3차원구조를, 도 5b에 이를 도 3a에 도시된 초음파영상과 입체적으로 결합시킨 투시도를 각각 도시하였다. 의료인은 도 5b와 같은 입체 투시도를 환자의 동맥경화의 진행정도를 진단하고 환자에게 설명하는데 적절히 활용할 수 있을 것이다.

[0050] 본 발명에 의해 경화반의 3차원구조와 규격이 도출되므로 이를 바탕으로 경화반의 체적을 계산하여 진단과 설명에 활용할 수 있음도 당연하다.

[0051] 본 발명은, 전술한 동맥경화 경화반 표면형상 추정방법 및 3차원구조 추정방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 형태 또는 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 포함한다.

[0052] 본 발명에서 설명에 사용된 초음파영상은 경동맥에 대한 것이지만 본 발명에 의한 방법은 경동맥 뿐만 아니라 혈관의 길이방향과 단면방향 영상을 얻을 수 있는 동맥이라면 뇌혈관, 심장혈관 또는 팔다리 혈관 모두에도 적용이 가능할 것이다.

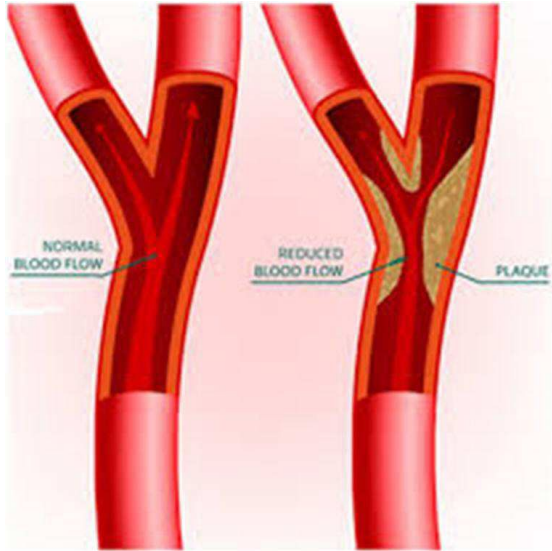


[0053]

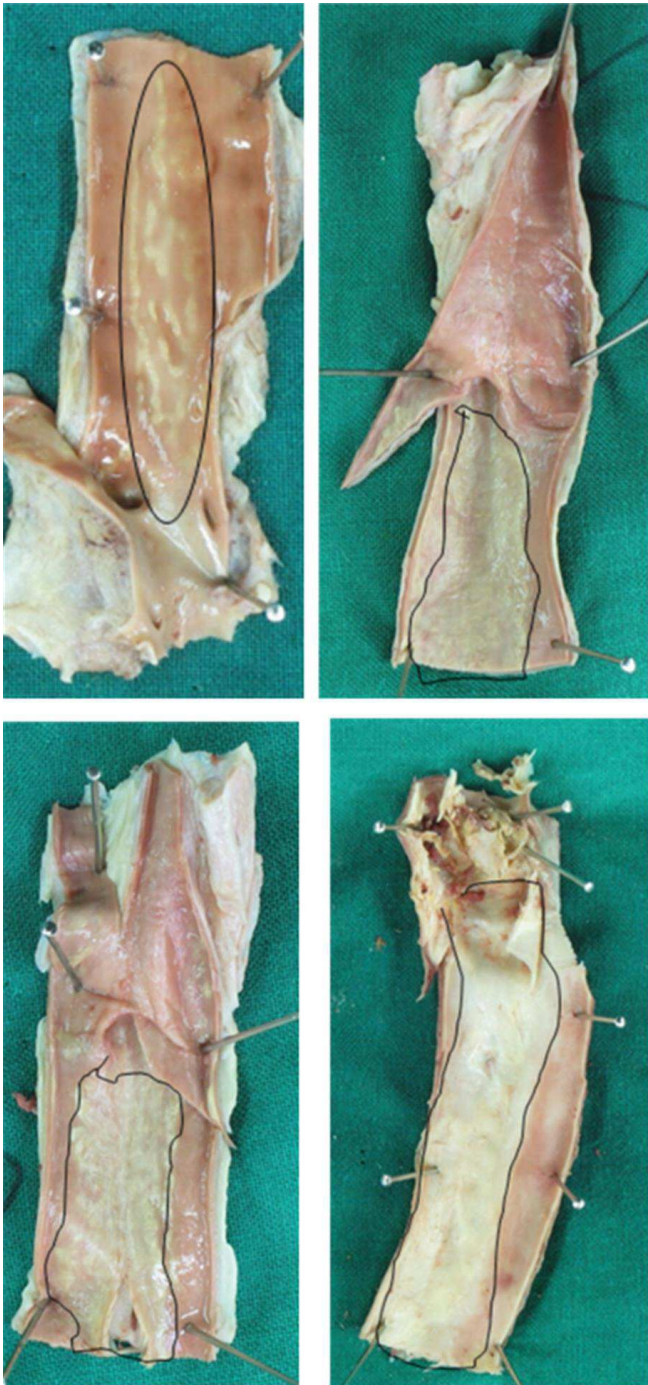
또한 본 발명에 대한 이상의 설명에서 하나의 길이영상과 하나의 단면영상을 기반으로 하였지만 이는 비용의 최소화를 염두에 둔 것으로서 여건이 된다면 복수의 길이영상과 복수의 단면영상을 기초로 하여 동일한 기술적 사상을 적용하여 보다 정교하고 정확한 경화반의 표면형상과 면적, 3차원구조와 체적을 추정할 수 있음은 당연할 것이다.

도면

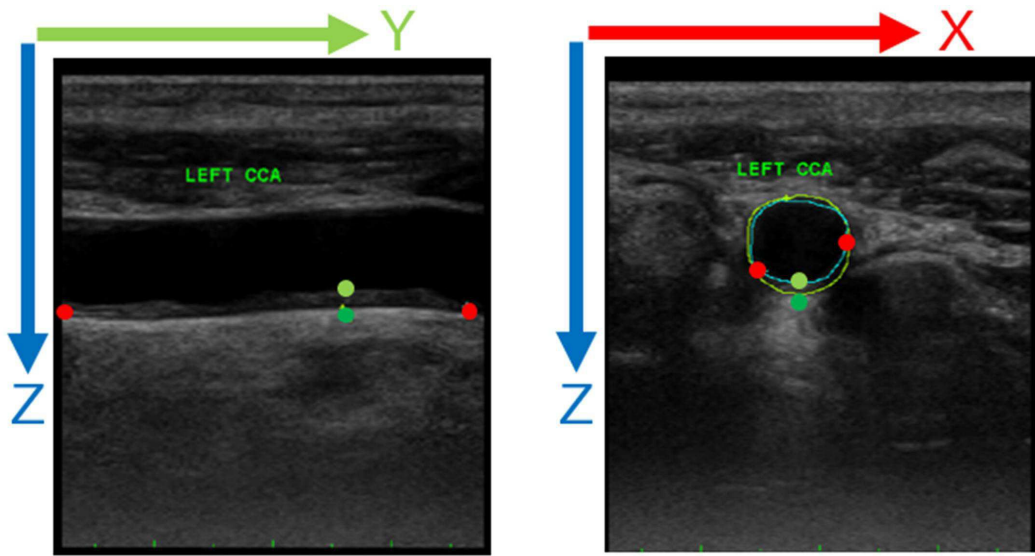
도면1



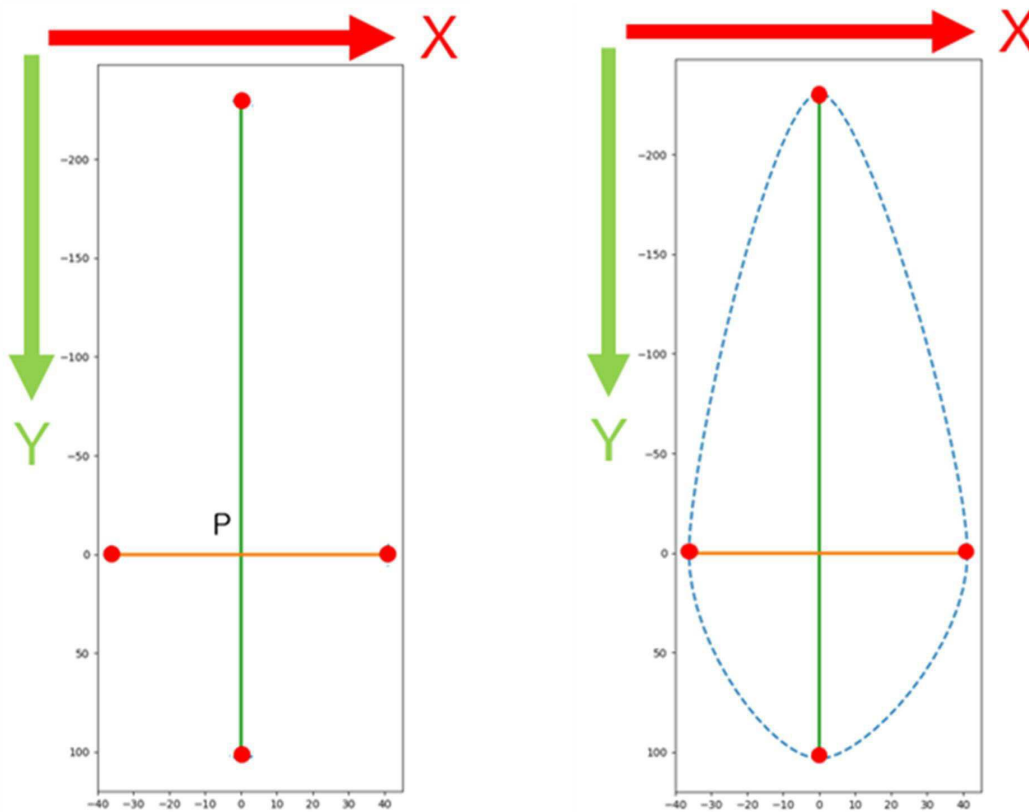
도면2



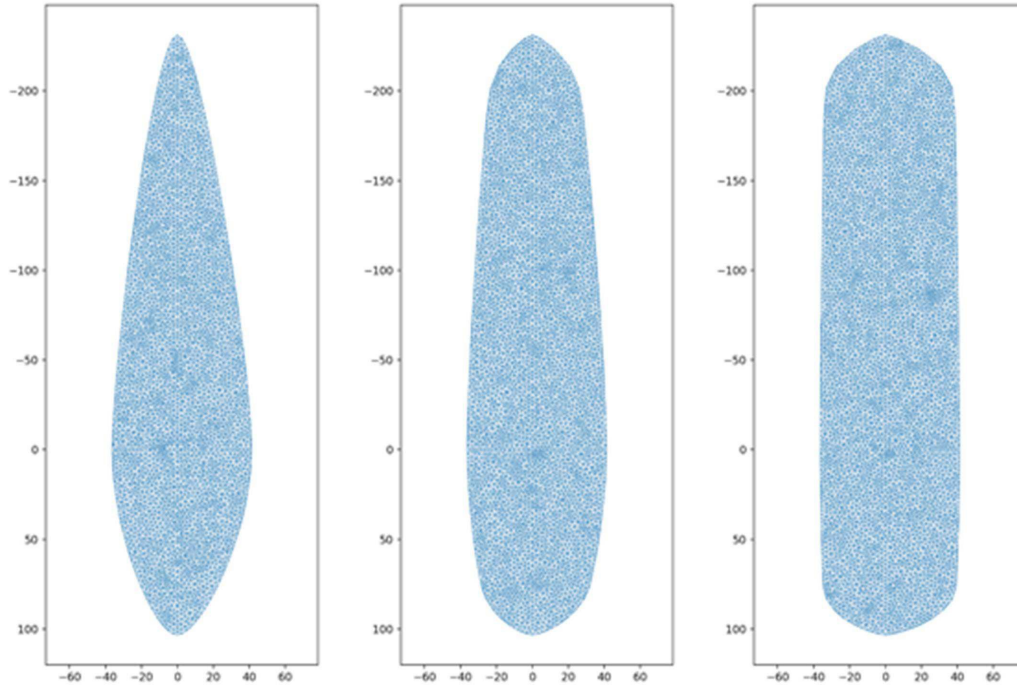
도면3a



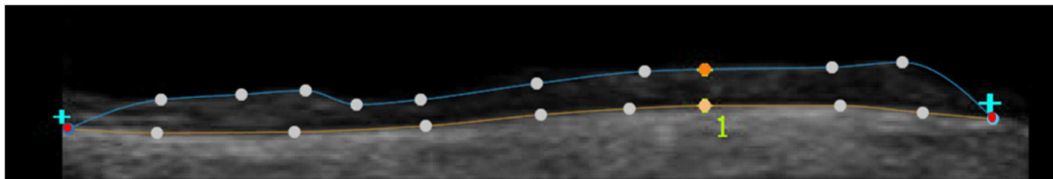
도면3b



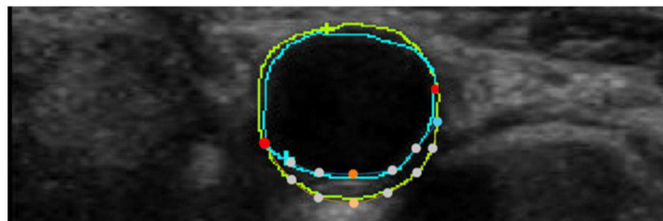
도면3c



도면4a

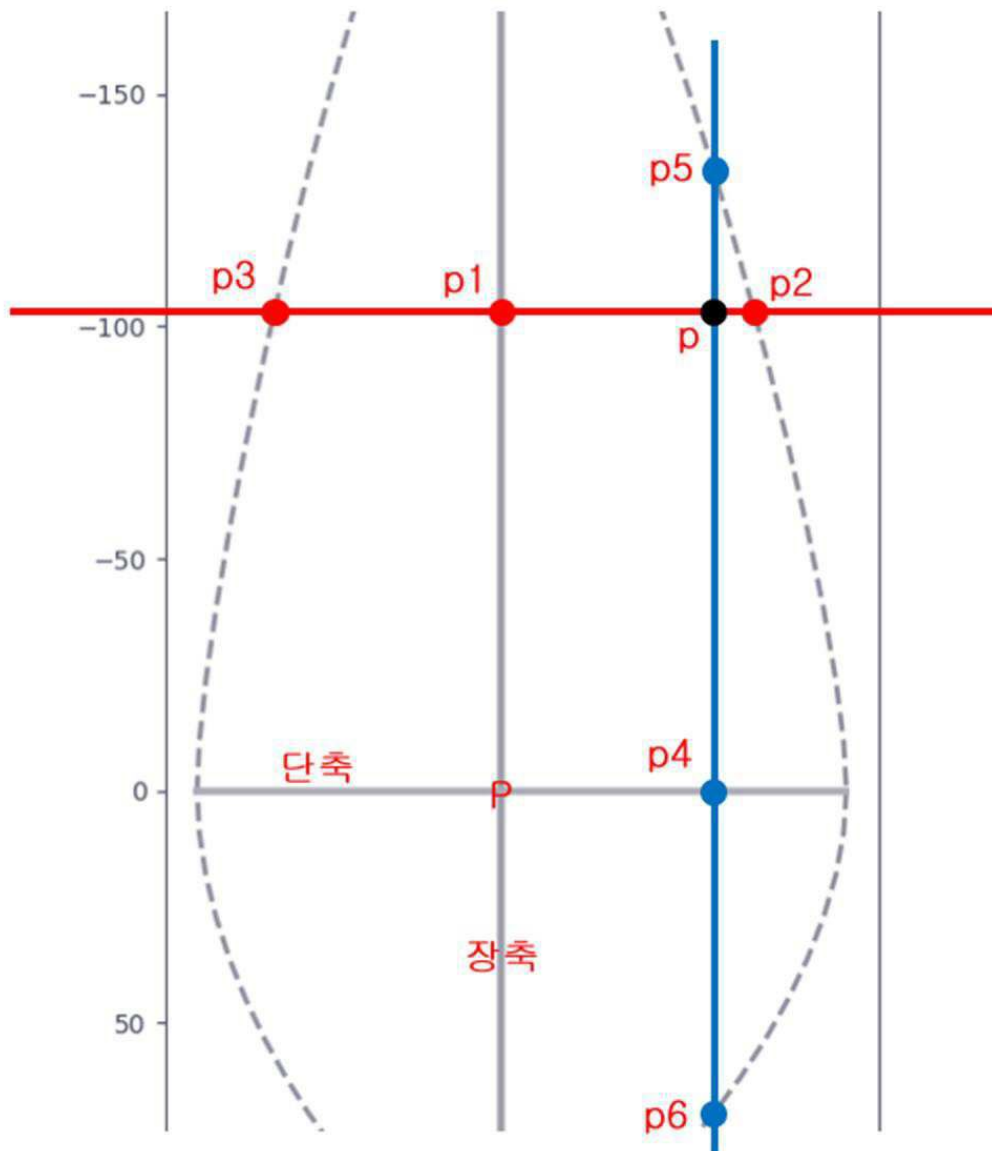


길이영상

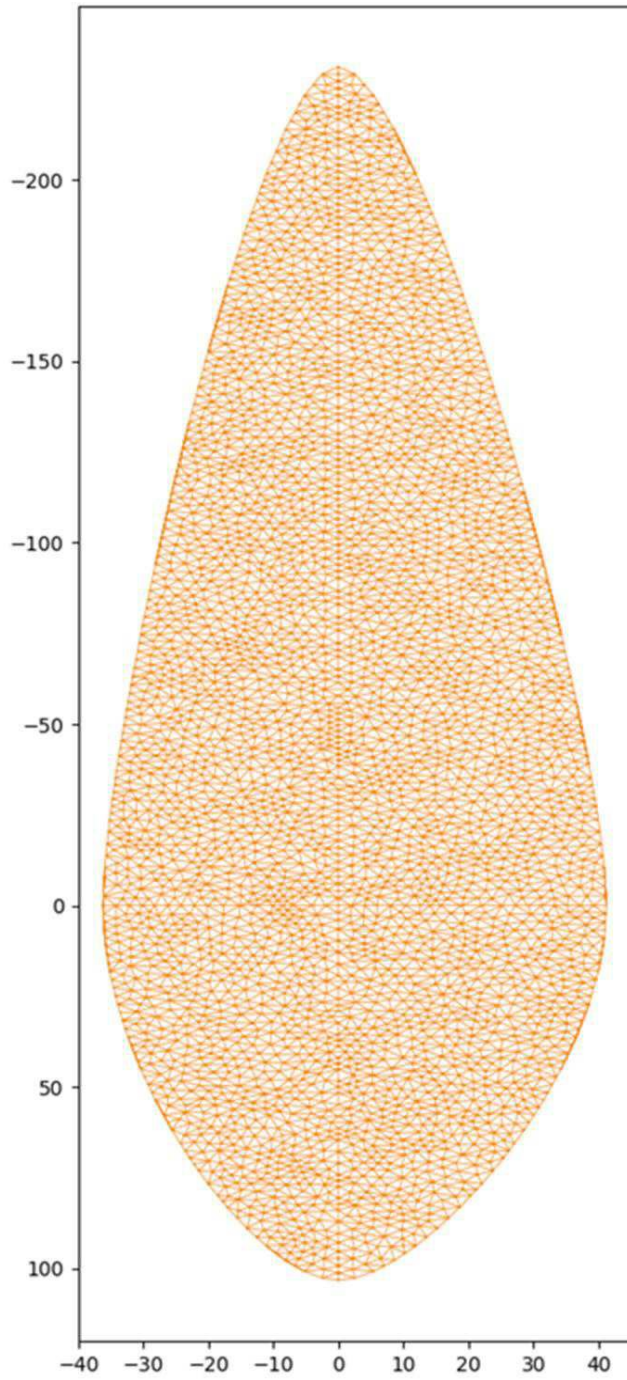


단면영상

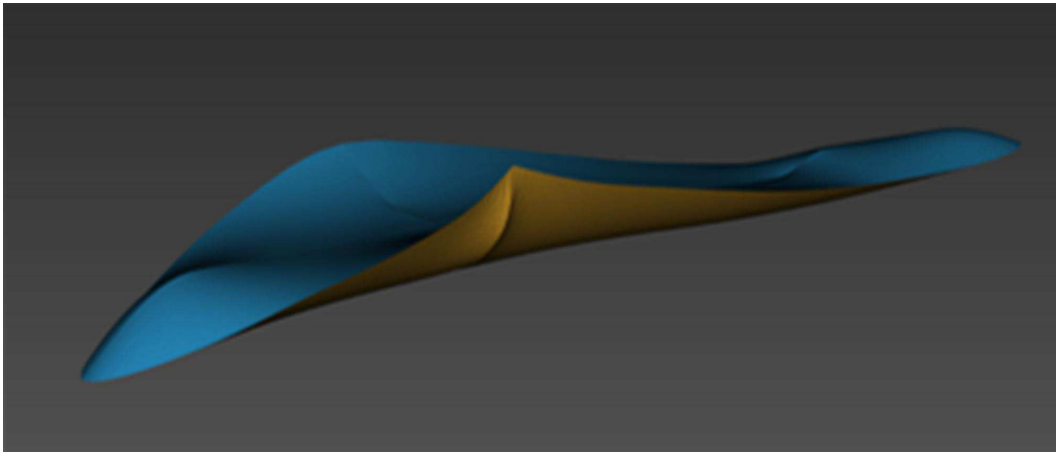
도면4b



도면4c



도면5a



도면5b

