

유방에 대한 길이 파라미터를 이용한 3차원 유방 부피의 예측 개선

홍 경 희[†] · 이 현 영^{*}

충남대학교 의류학과, 군산대학교 의류학과^{*}

Accuracy Improvement of Breast Volume Estimation Using Length Parameters of Breast

Kyunghi Hong[†] and Hyun-Young Lee^{*}

Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University

Dept. of Clothing and Textiles, Kunsan National University^{*}

(2006. 7. 13. 접수: 2006. 9. 2. 채택)

Abstract

Breast volume has been approximately estimated under the assumption that the shape of breast is a corn. However, women's breast is more like a bulged bag in reality. In this paper, three methods of breast volume estimation were compared to find out the more accurate method. The shape of the breast is assumed as a hemisphere in the first estimation method and a corn in the second one. In the third method, arc along the cross sectional shape of breast was utilized in the calculation. Comparisons among the methods were made using the actual 3D volume measurement of thirty seven women's breast. As results, the third method was the best one for the normal breast type, especially for the lower part of the breast ($R^2 = 0.74$) which is the crucial design parameter of the brassiere. Assumption of the shape of breast as a corn was reasonably acceptable when the breast is sagged. It was expected that when women wore brassiere, the accuracy of the third method would increase more, since the shape of breast becomes more symmetrical.

Key words: breast volume(유방 부피), breast volume of lower part(유방 하부 부피), estimation of breast volume(유방 부피 예측), brassiere(브래지어), three-dimensional measurement(3차원 계측).

I. 서 론

브래지어의 설계나 소비자들의 브래지어 구매시, 컵의 사이즈 결정에는 편의상 유방 부피 대신 가슴둘

레와 밑가슴둘레의 편차가 이용되고 있다. 그러나 이 값과 3차원 부피 사이의 상관계수는 0.17로 매우 낮게 보고되고 있으며¹⁾, 실제로 브래지어의 컵의 맞음새에 대해 불평을 가지고 있는 여성들도 상당수에 이르는 것으로 나타났다²⁾. 따라서 몸에 잘 맞는 브래지

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2000-000-00087-0) 지원으로 수행되었음.

[†] 교신저자 E-mail: khhong@cnu.ac.kr

1) 이현영, 이옥경, 홍경희, "3차원 측정 시스템을 이용한 유방 부피 및 윗면적의 측정," 한국의류학회지 27권 2호 (2003), p. 275.

2) 김정화, 이선영, 홍경희, "중년 여성의 감성 Brassiere 개발 (1보), 소비자 요구분석을 기초로 한 제품 디자인 요소 추출," 한국의류학회지 24권 5호 (2000), pp. 714-723.

어 설계나 판매를 위해서는 유방 부피를 직접 측정하여 사용하는 것이 바람직하다. 그러나 현재까지 알려진 유방 부피의 측정 방법들은 측정이 어렵거나 고가의 전문 장비를 필요로 한다.

따라서 지금까지 유방 부피를 간단하면서도 정확하고 또 경제적으로 측정할 수 있는 방법들을 다양하게 연구해 왔는데, 이러한 연구들은 주로 의학 분야에서 수행해 온 것들로 좌우 비대칭 유방의 형태 교정, 유방의 확대나 축소, 또는 유방 절제 이후의 복원과 같은 성형 수술에 주로 이용되어 왔다^{3,4)}. 초기의 유방 부피 측정 방법들로는 브레지어를 측정자로 이용하는 방법⁵⁾, 아르키메데스 원리에 따라 캘리브레이션된 실린더를 이용하여 유방 부피에 의한 유체 변위를 측정하는 방법⁶⁾, 조절 가능하고 눈금이 그려진 원뿔 형태의 기하학적 도구에 유방을 넣어 측정하는 방법⁷⁾ 등이 사용되었는데 측정할 수 있는 유방 용적이 제한적이었다⁸⁾. 이후에는 스테레오 카메라 위에

놓인 테이블의 구멍으로 돌출된 유방의 부피를 측정하는 생체 구적법(biostereometric method)^{9,10)}, 일반 석고나 열 가소성 박막 시트를 이용한 석고법¹¹⁾, 그리고 전문 장비를 활용한 3차원 초음파¹²⁾, 유방 X선 사진(mammogram)¹³⁾, MRI(magnetic resonance imaging)¹⁴⁾ 등을 이용한 측정 방법들이 이용되고 있다. 그리고 유방과 흉곽의 몇몇 치수들을 수식에 대입하여 유방 부피를 예측할 수 있는 공식과 표가 제안되기도 했다¹⁵⁾.

이들 방법 중 석고법에 의한 방법은 유방을 열 가소성 시트나 석고로 레플리카를 채워하고 그 안에 방수 필름을 덮고 안에 물을 담아 유방 부피를 측정하는 방법으로 의류학 분야에서 가장 자주 사용되어온 방법이다^{16,17)}. 그러나 이 방법의 경우 과정이 번거롭고 유저 밀의 형상을 제대로 반영하지 못하여 오차로 이어지는 단점이 있다¹⁸⁾. 그리고 3차원 초음파, 유방 X선 사진, MRI 등은 인체에 노출되는 것이 해로울

- 3) A. Jack Grossman and Leonard A. Roudner, "A Simple Means for Accurate Breast Volume Determination," *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 66 No. 5 (1980), p. 851.
- 4) N. Vaingankar, A. N. Pandya, I. Grant and N. K. James, "Low-cost, Single-use Breast Sizing for Augmentation Mammoplasty," *British Journal of Plastic Surgery* Vol. 57 No. 5 (2004), pp. 480-481.
- 5) R. Ellenbogen, "A New Device to Assist in Sizing Breasts," *Annals Plastic Surgery* Vol. 1 No. 3 (1978), p. 333.
- 6) F. G. Bouman, "Volumetric Measurement of the Breast Before and During Mammoplasty," *British Journal of Plastic Surgery* Vol. 23 (1970), pp. 263-264.
- 7) A. Jack Grossman and Leonard A. Roudner, *Op. cit.*, pp. 851-852.
- 8) N. Bulstrode, E. Bellamy and S. Shrotria, "Breast Volume Assessment: Comparing Five Different Techniques," *The Breast* Vol. 10 (2001), p. 118.
- 9) D. J. Smith, W. E. Palin, V. L. Katch and J. E. Bennett, "Breast Volume and Anthropomorphic Measurements: Normal Values," *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 78 No. 3 (1986), pp. 331-335.
- 10) C. W. Loughry, D. B. Sheffer and T. E. Price, "Breast Volume Measurement of 248 Women Using Biostereometric Analysis," *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 80 No. 4 (1987), pp. 553-558.
- 11) N. Bulstrode, E. Bellamy and S. Shrotria, *Op. cit.*, p. 118.
- 12) D. R. Chen, R. F. Chang, W. J. Wu, W. K. Moon and W. L. Wu, "3-D Breast Ultrasound Segmentation Using Active Contour Model," *Ultrasound in Medicine and Biology* Vol. 29. No. 7 (2003), pp. 1017-1026.
- 13) N. W. Bulstrode and S. Shrotria, "Prediction of Cosmetic Outcome Following Conservative Breast Surgery Using Breast Volume Measurements," *The Breast* Vol. 10 (2001), pp. 124-126.
- 14) P. A. Fowler, C. E. Casey, G. G. Cameron, M. A. Foster and C. H. Knight, "Cyclic Changes in Composition and Volume of the Breast During the Menstrual Cycle, Measured by Magnetic Resonance Imaging," *British Journal of Obstet Gynecol* Vol. 97 (1990), pp. 595-602.
- 15) Q. Qiao, G. Zhou and Y. C. Ling, "Breast Volume Measurement in Young Chinese Women and Clinical Application," *Aesthetic Plastic Surgery* Vol. 21 (1997), pp. 362-368.
- 16) 이경미, 최혜선, "유방용적 측정과 인체 계측에 관한 연구: 중년 여성을 대상으로", *대한가정학회지* 38권 12호 (2000), pp. 249-256.
- 17) 이경희, "Replica법을 이용한 성인 여성 유방 형태 분석에 관한 연구," *한국의료학회지* 21권 4호 (1997), pp. 689-698.
- 18) 이현영, 이옥경, 홍경희, *Op. cit.*, p. 274.

수 있고 특히 MRI의 경우 폐쇄공포증이 있는 사람의 경우에는 사용이 어렵고 촬영 비용이 너무 고가라는 단점들이 지적되고 있다¹⁹⁾. 한편, 수식에 의한 예측 방법은 유방 X선 사진을 이용하는 방법과 달리 피계측자들에게나 측정자에게 사용에 대한 거부감이 가장 적은 방법들 중 하나로 알려져 있다²⁰⁾. 그러나, 임상적으로 확인된 수식이 제안되기도 하지만 특정 인종을 대상으로 개발된 경우가 많아 한국 여성들에게도 적합한지에 대해서는 검증이 요구된다.

최근에는 3차원 측정 시스템의 발달로 유방 부피를 비교적 쉽고, 빠르고, 정밀하게 측정할 수 있게 되었다²¹⁾. 3차원 측정 방법은 해부학적 형태를 근거로 한 유방의 윤곽선 정의를 통해 유저 형태가 반영된 유방 부피를 얻을 수 있으며, 무엇보다 인체에 해가 없고 한번의 촬영으로 유방 부피 외에도 다양한 측정치를 얻을 수 있다는 것이 장점이다. 그러나 이 방법 역시 고가의 측정 장비를 필요로 하고 있어, 매장은 물론 제조업체에서조차 측정 장비를 갖춘 곳은 거의 없는 실정이다. 따라서 현재로서는 브래지어의 설계나 판매시 유방 부피를 활용하는 데에는 많은 어려움이 따르고 있다.

그러므로 3차원 측정이 일반화되기 전까지 유방 부피의 사용을 일반화시킴으로써 브래지어의 맞춤세를 향상시킬 수 있도록 하기 위해서는, Qiao 등의 연구²²⁾에서와 같이 마틴 계측기나 줄자만으로 측정할 수 있는 길이 파라미터만을 이용하여 유방 부피를 예측할 수 있는 방법을 마련해야 하며, 특히 한국인 여성들의 체형에 적합한 예측식 개발이 이루어져야 한다.

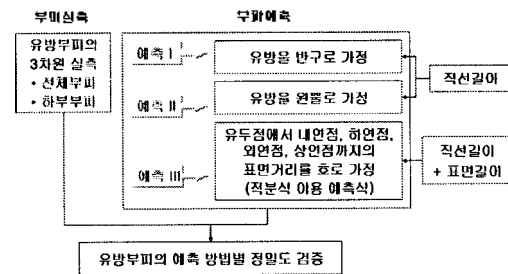
이에 본 연구에서는 길이 파라미터만을 이용하여 한국인 중년 여성들의 유방 부피를 예측할 수 있는 방법들을 제안하고자 한다. 이에, 유방을 반구와 원뿔로 가정하여 부피를 예측하는 방법 외에도 유두점에서 내연점, 하연점, 외연점, 상연점에 이르는 표면거리를 호로 가정한 후 적분식을 이용하여 유방 부피를 예측할 수 있는 수학적 공식을 제공하고자 한다. 또한 이 방법들을 통해 얻은 예측 부피들을 3차원 계측을 통해 얻은 실측한 부피와 비교해 봄으로써 제안된 부피 예측 방법들 중 어떠한 방

법이 보다 더 좋은 예측력을 가지는지를 비교해 보고자 한다. 특히 유방의 하수 여부에 따라 어떠한 부피 예측 방법이 더 바람직한지, 그리고 유방의 기능적 설계 및 평가시 요구되는 유방 하부 부피의 예측에는 어떠한 방법이 적합한지에 대해서도 분석해 보고자 한다. 이를 통해 유방 부피가 실제 브래지어 제품의 개발이나 판매시 적용될 수 있도록 함으로써 브래지어의 맞춤세를 향상시키는 데 기여하고자 하며, 그 밖에도 유방의 비대칭적 형태의 보정이나 유방 절제 후의 복원 수술 등의 임상치료에도 도움을 줄 수 있기를 기대한다.

II. 연구 방법

1. 전반적 연구 구성 및 절차

본 연구의 전반적 연구 구성 및 절차는 <그림 1>과 같다. 유방의 부피 실측은 3차원 측정 시스템을 이용하였으며, 유방 전체의 부피와 유두 이하의 하부 부피를 모두 측정하였다. 유방의 부피 예측 방법으로는 3가지 방법을 사용하였는데 예측 I에서는 유방을 반구로 가정하였을 때의 부피를, 예측 II에서는 유방을 원뿔로 가정하였을 때의 부피를 계산하였다. 그리고 예측 III에서는 유두점에서 내연점, 하연점, 외연점, 그리고 상연점에 이르는 표면거리를 호로 가정하였을 때의 부피를 적분식을 이용하여 계산하였다. 이때 예측 I과 II에는 직선 길이들만 활용되었고, 예측 III에는 직선 길이와 표면 길이가 모두 이용되었다. 각각의 예측 방법들에 의해 얻어진 부피들은 실측된



<그림 1> 전반적 연구 구성 및 절차.

19) N. Bulstrode, E. Bellamy and S. Shrotria, *Op. cit.*, pp. 117-123.

20) N. Bulstrode, E. Bellamy and S. Shrotria, *Op. cit.*, p. 122.

21) 이현영, 이옥경, 홍경희, *Op. cit.*, pp. 270-276.

22) Q. Qiao, G. Zhou and Y. C. Ling, *Op. cit.*, pp. 362-368.

유방 부피와의 비교를 통해 각각의 정밀도를 검증하였다. 이때, 유방의 하수 여부에 따라 어떤 예측 방법을 적용하는 것이 바람직한지에 대해서도 분석을 실시하였다.

2. 피험자 특성

본 연구에는 80A 사이즈의 브라지어를 착용할 수 있는 30대에서 50대의 중년 여성 37명이 피험자로 참가하였다. 이들의 평균 가슴둘레는 89.7cm (S.D.= 2.6 cm), 평균 밑가슴둘레는 79.0cm(S.D. = 2.1cm)이었다.

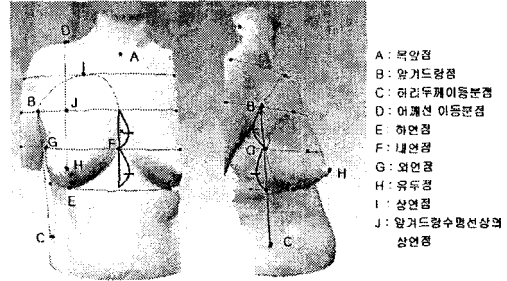
3. 3차원 측정 시스템을 이용한 유방 부피 및 길이 파라미터들의 실측 방법

3차원 스캐너로는 Phase-shifting moiré topography (Intek Plus Co. Ltd., Korea)가 이용되었으며, 3차원 영상의 분석 소프트웨어로는 Rapid Form 2001 (INUS technology, Inc., Korea)이 이용되었다.

유방의 윤곽선 및 계측점 정의 방법, 3차원 유방 촬영방법, 영상 분석 및 측정치 계산 방법들 모두 선행 연구들^{23,24)}에서 제안한 방법에 따랐다. 유방의 부피뿐 아니라 유방 부피 예측에 이용할 직선 및 표면거리들은 모두 3차원 측정 시스템을 이용하여 측정하였다. 본 연구에 이용된 유방 윤곽선의 정의 방법은 유방을 흉곽에서 돌출된 부분만으로 정의하여 부피를 측정하는 대부분의 연구들과는 달리, 유방의 해부학적 형태 특성을 근거로 유방의 부피 측정시 유지형상까지 반영되도록 하였다. 즉, <그림 2>와 같이 상연과 내연은 유방을 밀어 올리거나 내측으로 밀었을 때 생기는 주름을 참고로, 외연은 팔을 허리에 올리고 앞겨드랑이 부분에 힘을 주었을 때 단단해지면서 아치 형태를 이루는 삼각근의 형상을 참고로 연속적이면서도 자연스러운 곡선으로 정의하였다.



<그림 2> 유방 윤곽선의 정의 방법.



<그림 3> 계측점의 위치.

- A : 목앞점
- B : 앞겨드랑점
- C : 뒷겨드랑이등분점
- D : 어깨선 이동분점
- E : 하연점
- F : 내연점
- G : 외연점
- H : 유두점
- I : 상연점
- J : 앞겨드랑수평선상의 상연점

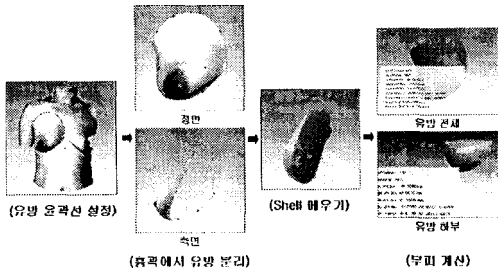
본 연구에 직접 사용되었거나 참조된 계측점들의 종류와 위치는 <그림 3>에 요약하였다. 상연점은 유방 윤곽선에서 가장 높이 위치하는 지점, 하연점은 가장 낮게 위치하는 지점으로 정의하였고, 내연점과 외연점은 앞겨드랑점에서 하연점까지의 높이를 이등분하는 수평선이 유방 윤곽선과 각각 내측과 외측에서 만나는 지점으로 정의하였다.

<표 1> 부피 예측을 위해 측정된 길이 파라미터 및 부피의 종류와 활용

종류	직선 거리	활용
직선 거리	유두 높이	예측 I, II, III
	내연점-외연점	예측 I, II
	상연점-하연점	
	유두점-내연점	예측 III
	유두점-외연점	
	유두점-하연점	
유두점-상연점		
표면 거리	유두점-내연점	예측 III
	유두점-외연점	
	유두점-하연점	
	유두점-상연점	
부피	유방 전체 부피	예측 방법의 정밀도 검증
	유방 하부 부피	

23) Lee, H. Y., Hong, K. H. and Kim, E. A. "Measurement Protocol of Women's Nude Breasts Using a 3D Scanning Technique," *Applied Ergonomics* Vol. 35 (2004), pp. 353-359.

24) 이현영, 이옥경, 홍경희, *Op. cit.*, pp. 270-276.



〈그림 4〉 3차원 측정 방법을 이용한 유방의 부피 측정 방법.

부피 예측을 위해 측정된 길이 파라미터 및 부피의 종류와 활용 단계를 <표 1>에 정리하였다. 부피 예측을 위해서는 유두 높이, 내연점에서 외연점에 이르는 직선거리 등을 포함하여 모두 7개의 직선거리를 측정하였으며, 유두점에서 내연점, 하연점, 외연점, 상연점에 이르는 4개의 표면거리를 측정하였다. 그리고 부피 예측 방법의 정밀도 검증에 위해 유방 전체의 부피와 하부 부피를 각각 측정하였다.

유방의 부피는 <그림 4>와 같이 3차원 영상에서 유방 윤곽선을 기준으로 인체의 흉곽에서 유방만을 분리한 후, 분리해 낸 유방의 후면을 윤곽선의 형태에 따라 자연스러운 곡면 형태로 매운 후 측정하였다. 유방 하부 부피는 앞의 과정에서 매워진 유방을 내연점, 유두점, 외연점을 지나는 평면으로 분리시킨 후 하부 부분의 셸(shell) 뒷면을 다시 매운 후 측정하였다.

4. 길이 파라미터들을 이용한 부피 예측 방법

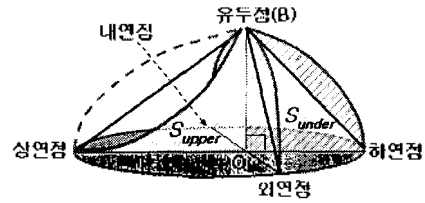
1) 예측 I - 유방을 반구로 가정한 부피 예측 방법

유방을 반구로 가정하였을 때의 부피($V_{hemisphere}$)는 <식 1>을 이용하여 구하였다. 여기서 r 에는 내연점에서 외연점까지의 직선거리와 상연점에서 하연점까지의 직선거리를 합하여 평균한 길이를 다시 2로 나눈 값을 적용하였다.

$$V_{hemisphere} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \text{〈식 1〉}$$

2) 예측 II - 유방을 원뿔로 가정한 부피 예측 방법

유방을 원뿔로 가정하였을 때의 부피(V_{con})는 <식 2>를 이용하여 구하였는데, 여기서 r 에는 내연점에서



〈그림 5〉 유두점에서 하연점, 외연점, 상연점, 내연점까지의 표면거리를 호로 가정한 부피 예측 방법.

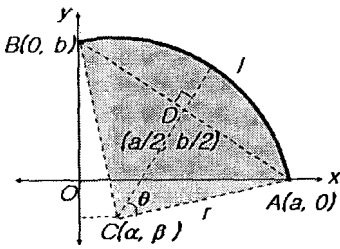
서 외연점까지의 직선거리와 상연점에서 하연점까지의 직선거리를 합하여 평균한 길이를 2로 나누어 대입하였고, h 에는 유두 높이를 대입하였다.

$$V_{con} = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad \text{〈식 2〉}$$

3) 예측 III - 호를 가정한 예측 방법

<그림 5>는 유두점에서 내연점(inner breast curve), 하연점(under breast curve), 외연점(outer breast curve), 상연점(upper breast curve)에 이르는 표면 거리를 호(arc)로 가정하고 적분식을 이용하여 유방 부피(V_{arc})를 예측하는 방법의 전체적인 개념을 도식한 것이다. 그림과 같이 하연점, 외연점, 상연점, 내연점이 한 평면 위에 있고, 유두점에서 이 네 점에 이르는 표면거리를 호로 가정하였을 때, 예를 들어 유두점, O점, 하연점이 이루는 평면상의 부채꼴 형태의 면적(S_{under})을 적분하여 360도 회전한 값으로 유두점에서 하연점까지의 표면거리를 이용하여 구한 부피(V_{under})를 계산할 수 있다. 동일한 방법으로 유두점에서 외연점, 상연점, 내연점에 이르는 표면 거리를 호로 가정하였을 때의 부피들(V_{upper} , V_{upper} , V_{inner})을 각각 구한다. 그리고 마지막으로 이 네 부분의 특성들이 유방 부피 예측에 모두 반영될 수 있도록, 네 부피(V_{under} , V_{upper} , V_{upper} , V_{inner})의 평균을 구하면 대략적으로 얻고자하는 최종 유방 부피(V_{arc})를 구할 수 있다. 단, 상연의 경우 다른 부분과 달리 호 부분이 오목한 곡선 형태이므로, <그림 5>의 S_{upper} 부분과 같은 형태의 면적을 구하여 부피를 계산해야 한다.

부피 예측 방법의 구체적인 계산 방법은 다음과 같다. 먼저 유두점에서 하연점까지의 표면거리를 이용한 부피 예측 방법을 예로 들어보면, <그림 6>과



〈그림 6〉 유방 부피계산을 위한 유방 단면 일부의 부호들. A: 하연점, 내연점, 외연점, 상연점 중의 한 점, B: 유두점, b: 유두 높이, l: 유두점에서 하연점, 내연점, 외연점, 상연점 중 한 점까지 이르는 표면거리, 즉 호의 길이, C: 호를 포함하는 원의 중심, θ: 호의 중심각의 1/2, D: \overline{AB} 의 중점.

같이 점 A는 하연점, 점 B는 유두점, 점 O는 유두점에서 상연점, 하연점, 내연점, 외연점이 지나는 평면에 내린 수직선이 평면과 만나는 지점, 점 C는 A와 B를 호로 연결하였을 때 그 호를 포함하는 원의 중심점, 그리고 r은 점 C를 중심으로 하고 점 A와 B를 지나는 원의 반지름, 그리고 l은 A와 B를 지나는 호의 길이이라고 가정하였을 때, 꺾 반지름 r과 관계식은 $l = 2r\theta$ 가 된다. 여기서 l은 유두점에서 하연점까지의 표면거리와 같으며, O점에서 b까지의 거리는 유두 높이에 해당한다.

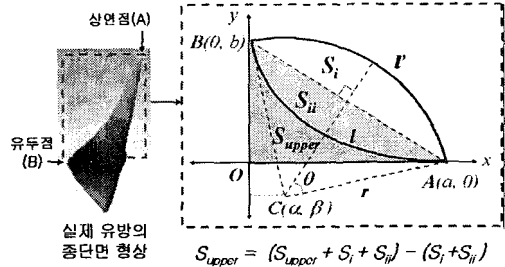
그리고 반지름 r과 선분 \overline{AD} 와의 관계 $\sqrt{a^2 + b^2} / 2 = r \sin \theta$ 로부터 〈식 3〉을 얻을 수 있다. 따라서 실측을 통해 얻은 a, b, l의 길이를 식들에 대입하고, 〈식 3〉의 수치해석을 통해 반지름 r을 구할 수 있다. 수치 해석에는 Mathematica 3.0(Wolfram Research, Inc.)을 이용하였다.

$$r = \sqrt{a^2 + b^2} / 2 \sin \frac{l}{2r} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

한편, 그 원의 중심점(C)의 좌표(α, β)는 피타고라스의 정리와 직교하는 두 선분의 기울기 곱은 -1이라는 점을 이용하여 〈식 4〉와 〈식 5〉를 얻을 수 있다.

$$(b - \beta)^2 + a^2 = r^2 \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

$$\frac{\frac{b}{2} - \beta}{\frac{a}{2} - \alpha} \times \left(\frac{-b}{a} \right) = -1 \quad \langle \text{식 5} \rangle$$



〈그림 7〉 유두점에서 상연점에 이르는 표면거리를 호로 가정하였을 때의 면적 S_{upper} 의 계산 방법.

위에서 구한 r, α, β의 값은 유방의 호(l)를 나타내는 원의 방정식 〈식 6〉을 만족하고, 이 방정식을 이용하여 y축의 0에서 b까지의 구간에 대해 적분을 하면 〈식 7〉의 유방 부피(V_{under})를 구할 수 있다. 여기서 V_{under} 는 유두점에서 하연점까지의 표면거리를 이용하여 구한 부피이며, b의 값은 유두 높이에 해당한다.

$$x = \sqrt{r^2 - (y - \beta)^2} + \alpha \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

$$V_{under} = \pi \int_0^b x^2 dy \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

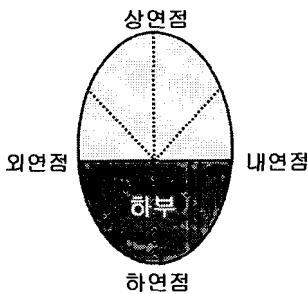
단, 상연의 경우 유두점에서 상연점에 이르는 표면거리가 하연, 내연, 외연과는 달리 오목한 곡선 형태(l)를 띤다. 따라서 〈그림 7〉과 같이 오목한 곡선(l)과 직선 \overline{AB} 에 대해 대칭인 볼록한 형태의 호(l')를 그리고, 전체 면적($S_{upper} + S_i + S_{ii}$)을 앞의 하연에서와 같은 방법으로 계산한다. 그리고 이 면적에서 A, B, O점이 이루는 직각삼각형의 면적($S_{upper} + S_{ii}$)을 빼면 S_i 가 구해지는데, 이때 l과 l'의 길이가 같으므로 $S_i = S_{ii}$ 이다. 따라서 S_{upper} 는 ($S_{upper} + S_i + S_{ii}$)에서 ($S_i + S_{ii}$)을 뺀 면적과 같다. 이렇게 구해진 S_{upper} 를 이용하여 적분함으로써 상연 부분의 부피(V_{upper})도 구할 수 있다. 이상의 방법들을 이용하여 최종적으로 구하고자 하는 유방 부피(V_{bre})는 유두점에서 하연점, 내연점, 외연점, 상연점에 이르는 표면거리를 이용하여 구한 부피들(V_{under} , V_{inner} , V_{outer} , V_{upper})의 평균을 구함으로써, 네 부분의 부피 특성이 모두 반영된 부피(V_{bre})를 구할 수 있다. 이상과 같이 유두점에서 상연점, 하연점, 외연점, 내연점까지의 표면거리와 직선거리, 그리고 유두 높이만을 측

정하면 <식 3>에서 <식 7>의 식들을 이용하여 부피를 예측할 수 있다. 그리고 본 연구에서는 이러한 길이들을 3차원 측정 시스템을 이용하여 측정하였지만 마틴 계측기와 줄자만으로도 측정이 가능하다.

4) 유방의 하부 부피 예측 방법

유방 하부의 부피 실측에서와 마찬가지로 내연점과 외연점 이하의 부피를 유방의 하부 부피로 정의하였으므로, 유방을 반구나 원뿔로 가정한 부피 예측 방법에서는 하부 부피($V_{hemisphere, lower}, V_{con, lower}$)를 전체 유방 부피의 1/2로 정의하여 비교에 사용하였다. 호를 가정한 방법에서는 유방 하부 부피($V_{arc, lower}$)는 앞에서 구한 $V_{inner}, V_{under}, V_{outer}$ 를 이용하여 구하였는데, <그림 8>과 같이 유두점에서 하연점까지의 표면거리를 이용하여 구한 부피(V_{under})와 유두점에서 내연점 및 외연점까지의 표면거리를 이용하여 구한 부피 V_{inner} 와 V_{outer} 를 각각 1/2씩 취하여 구하였다.

5) 유방 부피 예측 방법들의 정밀도 검증 방법
유방 부피 예측 방법들을 정밀도를 검증하기 위해



<그림 8> 유방 하부 정의.

실측 부피와 예측 부피들의 평균값들을 비교해 보고 실측치에 가장 근사한 값을 보이는 예측 방법이 무엇인지를 알아보았다. 또한 유방의 하수 여부에 따라 어떤 방법이 더 적합한지를 피어슨 상관관계분석을 통해 살펴봄으로써, 유방이 처지지 않은 정상형 유방과 처진 하수형 유방의 부피 예측에 각각 어떠한 방법들이 더 바람직한지를 비교하였다. 또한 선형회귀 분석을 통해 보다 실측값에 근사한 부피 예측을 위한 회귀식을 제안하였다. 통계분석에는 SPSS 11.0이 이용되었다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 실측 부피와 예측 부피의 평균 비교

3차원 측정 시스템을 이용하여 측정한 유방의 평균 부피와 길이 파라미터들에 의해 예측된 평균 부피는 <표 2>와 같았다. 80A 브래지어를 착용할 수 있는 중년 여성 37명의 실측된 유방 전체의 평균 부피는 547.0cm³이었다. 유방을 반구로 가정한 부피는 평균 1223.5cm³로 가장 컸으며 실측치와는 가장 많은 차이가 났다. 원뿔로 가정한 부피는 평균 401.7cm³로 실측치보다 더 작게 나타났고 실측치에는 보다 근접했으나 가장 실측값과 유사한 값을 보인 것은 유두점에서 하연점, 내연점, 외연점, 상연점까지의 표면거리를 호로 가정하였을 때, 563.8cm³로 가장 근사했다. 이러한 경향은 유방 하부의 부피 예측에서도 유사하게 나타나, 예측 III의 호로 가정한 부피 예측법이 가장 정밀한 것으로 분석되었다. 그리고 유방 전체 부피에 대한 하부 부피의 비율은 실측시 39.5%, 호로 가정한 방법으로 예측했을 때의 예측된 부피 비율은 42.6%로 나타났다.

<표 2> 실측 및 예측에 의한 전체 유방 부피 및 하부 유방 부피의 평균값

유방 부피 종류	전체 부피 (cm ³)		하부 부피 (cm ³)		부피비율 (하부/전체, %)
	평균	표준편차	평균	표준편차	
실측 전체 부피	547.0	114.4	215.8	56.5	39.5
예측 부피	I-반구 가정	1,223.5	497.5	78.0	50.0
	II-원뿔 가정	401.7	78.3	175.1	34.8
	III-호 가정	563.8	171.3	240.0	69.0

2. 유방의 하수 여부에 따른 부피 예측 방법 분석
 <표 3>은 유방 유형에 따른 실측 부피와 예측 부피들에 대한 피어슨 상관관계 분석을 실시한 결과를 요약한 것이다. 전체 피험자 37명중 유방이 처지지 않은 정상형은 모두 17명으로 46%에 해당하였으며 20명은 유방이 처진 하수형이었다.

전체 유방 유형에 대한 실측 부피와 예측 부피들간의 상관계수를 먼저 살펴보면, 유방 전체에 대한 부피는 평균비교에서와 마찬가지로 예측 III의 방법이 $r=0.673$ 으로 가장 높은 상관을 나타냈다. 유방 유형별로는 정상형 유방의 경우, 예측 방법 III에 의한 예측 부피가 실측 부피와 전체 유방에 대해서는 $r=0.773$, 하부 유방에 대해서는 $r=0.860$ 으로 예측 방법들 중 가장 높은 상관을 나타냈다. 이에 반해 하수형 유방의 경우, 예측 II인 원뿔을 가정한 방법의 상관계수가 전체 유방에 대해서는 $r=0.607$, 하부 유방에 대해서는 $r=0.666$ 으로 가장 높게 나타났다. 따라서 정상형 유방의 부피 예측에는 호를 가정한 예측 방법 III이, 하수형 유방의 부피 예측에는 원뿔을 가정한 예측 방법 II가 가장 적합한 것으로 나타났다. 그리고 전반적인 상관계수들을 살펴보았을 때, 선행 연구²⁵⁾에서 가슴둘레와 밑가슴둘레의 편차가 보였던 상관계수 0.17보다는 모두 높은 수준이었음을 확인할 수 있다.

3. 실측 부피에 보다 근접한 부피 예측을 위한 회귀식 제안

실측 부피에 보다 근접한 부피 예측을 위해, 예측 부피를 이용하여 실측 부피에 대한 회귀식을 유방 유형별로 추출한 것을 <표 4>에 정리하였다. 정상형의 경우, 예측 방법 III의 호를 가정하여 구한 예측 부피

를 이용하여 회귀식을 구성하였다. 전체 부피에 대한 회귀식의 예측력은 56.9%였고, 하부 부피에 대한 예측력은 74.0%였다. 하수형은 유방을 원뿔로 가정한 예측 방법 II에 의한 부피로 회귀식을 구성하였는데 예측력은 모두 44.3%로 정상형에 비해 낮은 수준이었다. 이에 따라 누드 유방에 대하여는 정상형의 하부 부피를 측정할 경우에만 길이 파라미터를 사용하여 계산한 적분 방법이 바람직한 것으로 나타났다.

길이 파라미터들을 이용한 유방 부피의 예측력을 보다 향상시키기 위해서는, 얇은 탄성 직물로 만들어진 브래지어 착용을 통해 유두점에서 내연점, 하연점, 외연점, 상연점까지의 길이가 거의 동일한 형태가 되도록 보정되도록 한 후 측정을 하는 것이 바람직할 것으로 예상된다. 브래지어를 착용하여도 유방 부피가 변하는 것은 아니고 형태만 변하기 때문이다. 본 연구에서의 경우, 길이 파라미터 측정시 유방을 자연스럽게 늘어뜨린 상태에서 측정하였으므로 피험자들간 유방의 형태나 길이 편차가 크게 나타났다. 이러한 경우, 특정 도형과의 형태적 유사성은 그만큼 적어지므로 예측력도 동시에 떨어지게 된다. 따라서 브래지어 착용을 통해 유방 형태를 유사한 형태들로 보정을 한다면 예측력은 더욱 향상될 것으로 예상된다. 이때 브래지어 착용시 유두점을 중심으로 주요 계측점들까지의 표면거리, 즉 상연점, 내연점, 하연점, 외연점까지의 표면거리가 거의 유사하게 보정된다면 네 부분의 평균 표면거리를 이용하여 부피 예측을 하여도 무리가 없으므로, 네 부분의 부피를 각각 구하지 않아도 되고 평균값을 구하는 계산과정도 생략되므로 계산이 그만큼 간단해지고 예측력도 더욱 향상시킬 수 있다.

<표 3> 유방 하수 여부에 따른 실측 부피와 예측 부피의 피어슨 상관관계 분석 결과

예측 부피	실측 부피	전체 부피(r)			하부 부피(r)		
		전체 유형	정상형	하수형	전체 유형	정상형	하수형
예측 I-반구 가정		0.536*	0.586*	0.594**	0.579**	0.751**	0.539*
예측 II-원뿔 가정		0.617**	0.594*	0.607**	0.705**	0.759**	0.666**
예측 III-호 가정		0.673**	0.773**	0.593**	0.605**	0.860**	0.477*

** significant level: 0.01, * significant level: 0.05, 2-tailed.

25) 이현영, 이옥경, 홍경희, *Op. cit.*, p. 275.

〈표 4〉 실측 부피에 보다 근접한 부피 예측을 위한 유방 유형별 회귀식.

		회귀식	R ²
정상형	전체 부피	$V_{measured} = 0.964 V_{arc} + 71.7$.569
	하부 부피	$V_{measured, lower} = 1.395 V_{arc, lower} - 71.0$.740
하수형	전체 부피	$V_{measured} = 0.427 V_{corn} + 54.1$.443
	하부 부피	$V_{measured, lower} = 0.855 V_{corn, lower} + 54.1$.443

IV. 결 론

본 연구에서는 길이 파라미터들만을 이용하여 유방의 3차원 부피를 예측할 수 있는 방법들을 제안하고 각각의 방법들에 대한 예측 정밀도를 비교 분석하였다. 유방을 반구 또는 원뿔로 가정한 유방 예측 방법들과 유두점에서 상연점, 내연점, 외연점, 하연점에 이르는 표면거리를 호로 가정하고 적분식을 이용하여 유방 부피를 예측하는 방법을 제안하였다. 이 세 방법들 중에서 호를 가정한 방법은 기존의 방법들에 비해 보다 새로운 공학적인 접근방법으로 유방이 차지하지 않은 정상형 유방의 부피 예측에 가장 적합한 것으로 분석되었다. 반면, 유방이 처진 하수형 유방의 부피 예측에는 원뿔로 가정한 방법의 예측력이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 예측 부피들과 실측 유방 부피와의 상관관계 분석 결과, 현재 컵 사이즈 결정에 사용되고 있는 가슴둘레와 밑가슴둘레의 편차보다 높은 상관이 있는 것으로 나타났다.

회귀식을 통한 예측력 분석 결과에서는 정상형의 하부 유방에 대해서만 비교적 만족할만한 예측력(74%)을 나타내었으나, 하수형 유방에 대해서는 예측력이 훨씬 떨어져 만족스러운 수준이 아니었다. 본 연구는 중년 여성의 누드 유방의 길이 파라미터를 측정할 때 자연스럽게 늘어뜨린 상태에서 측정하였으므로, 브래지어를 착용한 유방과는 형태적으로 차이가 있고 피험자들간 편차도 크다. 그러므로 이러한 점들을 고려하면 정상형 유방의 하부 부피에 대한 예측력 74%는 만족할 만한 수준으로 생각되며, 기존의 가슴둘레와 밑가슴둘레의 편차($r=0.17$)를 이용한 것에 비해서는 높은 예측력을 보여준 것이다.

따라서 앞으로 예측력이 더 좋은 유방 부피의 예

측 방법 개발을 위해서는 얇은 탄성소재로 된 한 겹의 와이어형 브래지어를 착용시켜 유방의 계측점들을 대칭형에 가깝도록 보정 후 수행하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 그리고 상연점을 해부학적인 관점이 아니라 실용적인 관점에서 현재 업체에서 사용 중인 앞거드랑선상의 상연점을 이용한다면, 유두점에서의 표면거리도 하연점의 것과 유사해지므로 부피 예측력도 향상되고 동시에 예측된 부피에 대한 활용도 더욱 높아지리라 예상된다. 또한 앞으로의 연구에서는 브래지어를 착용한 상태에서 다양한 사이스를 가진 많은 수의 피험자들을 대상으로 실험이 이루어져야 하며, 단순히 부피 예측에 그치지 않고 실제 브래지어의 설계나 판매에 유방 부피를 손쉽게 반영하여 활용할 수 있는 보다 실용적인 방법들이 개발되어야 할 것으로 생각된다. 예를 들면, 사용자가 일일이 계산하지 않더라도 몇 개의 측정값만 입력하면 유방 부피를 즉시 예측할 수 있도록 한 소프트웨어를 매장의 컴퓨터에 설치한다면 비교적 정확한 브래지어의 컵 사이즈 결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김정화, 이선영, 홍경희 (2000). “중년 여성의 감성 Brassiere 개발 (1보); 소비자 요구분석을 기초로 한 제품 디자인 요소 추출.” *한국의류학회지* 24권 5호
- 이경미, 최혜선 (2000). “유방용적 측정과 인체계측에 관한 연구: 중년 여성을 대상으로.” *대한가정학회지* 38권 12호.
- 이경화 (1997). “Replica법을 이용한 성인 여성 유방 형태 분석에 관한 연구.” *한국의류학회지* 21권 4호.

- 이현영, 아옥경, 홍경희 (2003). "3차원 측정 시스템을 이용한 유방 부피 및 유저면적의 측정." *한국의류학회지* 27권 2호.
- Bouman, F. G. (1970). "Volumetric Measurement of the Breast Before and During Mammoplasty." *British Journal of Plastic Surgery* Vol. 23.
- Bulstrode, N., E. Bellamy and S. Shrotria (2001). "Breast Volume Assessment: Comparing Five Different Techniques." *The Breast* Vol. 10.
- Bulstrode, N. W. and S. Shrotria (2001). "Prediction of Cosmetic Outcome Following Conservative Breast Surgery Using Breast Volume Measurements." *The Breast* Vol. 10.
- Chen, D. R., R. F. Chang, W. J. Wu, W. K. Moon and W. L. Wu (2003). "3-D Breast Ultrasound Segmentation Using Active Contour Model." *Ultrasound in Medicine and Biology* Vol. 29. No. 7.
- Ellenbogen, R. (1978). "A New Device to Assist in Sizing Breasts." *Annals Plastic Surgery* Vol. 1 No. 3.
- Fowler, P. A., C. E. Casey, G. G. Cameron, M. A. Foster and C. H. Knight (1990). "Cyclic Changes in Composition and Volume of the Breast During the Menstrual Cycle Measured by Magnetic Resonance Imaging." *British Journal of Obstetrics and Gynecology* Vol. 97.
- Grossman, A. Jack and Leonard A. Roudner (1980). "A Simple Means for Accurate Breast Volume Determination." *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 66 No. 5.
- Lee, H. Y., K. H. Hong and E. A. Kim (2004). "Measurement Protocol of Women's Nude Breasts Using a 3D Scanning Technique." *Applied Ergonomics* Vol. 35.
- Loughry, C. W., D. B. Sheffer and T. E. Price (1987). "Breast Volume Measurement of 248 Women Using Biostreometric Analysis." *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 80 No. 4.
- Smith, D. J., W. E. Palin, V. L. Katch and J. E. Bennett (1986). "Breast Volume and Anthropomorphic Measurements: Normal Values." *Plastic and Reconstructive Surgery* Vol. 78 No. 3.
- Qiao, Q., G. Zhou and Y. C. Ling (1997). "Breast Volume Measurement in Young Chinese Women and Clinical Application." *Aesthetic Plastic Surgery* Vol. 21.
- Vaingankar, N., A. N. Pandya, I. Grant and N. K. James (2004). "Low-cost, Single-use Breast Sizing for Augmentation Mammoplasty." *British Journal of Plastic Surgery* Vol. 57 No. 5.