

Measurement of Orbit using Standardized Processing of CT Scan

Yong Oock Kim, M.D., Ph.D.

Department of Plastic & Reconstructive Surgery, Institute of Human Tissue Restoration, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose Surgical correction of various ocular problems which do not have visual problem in plastic surgical area is to normalize the appearance of the face by restoring the normal position of orbit and eyeball. With development of surgical technique, the orbit can be restored exactly in trauma patient and can be moved totally in hypertelorism, as an example of congenital disease. All these surgeries are based on the hypothesis that the position of ocular globe moves in the plane in a quantitatively predictable relationship to osseous orbit movement. However, no studies have critically evaluated between the change of periorbital soft tissue and the outcome of the surgical correction, because there is no method of objective, quantitative evaluation of the periorbital soft tissue.

Method Author suggest the methodology for quantitative assessment of ocular and periocular fat changes using the manipulation of digital images of computed tomographic scan.

Results The method was allowed to evaluate inter-dacryon distance, inter-centroid distance, movement of the medial orbital wall, movement of the lateral orbital wall, alteration of thickness of the lateral periorbital fat as indicator of movement of the orbital wall and orbit in the patient with congenital periorbital anomaly and postoperative periorbital surgery. The goal of surgical correction of various ocular problems which do not have visual problem in plastic surgical area is to normalize the appearance of the face by restoring the normal position of orbit and eyeball. With development of surgical technique, the orbit can be restored exactly in trauma patient and can be moved totally in hypertelorism, as an example of congenital disease. All these surgeries are based on the hypothesis that the position of ocular globe moves in the plane in a quantitatively predictable relationship to osseous orbit movement. However, no studies have critically evaluated between the change of periorbital soft tissue and the outcome of the surgical correction, because there is no method of objective, quantitative evaluation of the periorbital soft tissue. In this report, author suggest the methodology for quantitative assessment of ocular and periocular fat changes using the manipulation of digital images of computed tomographic scan.

Conclusion The method suggested is objective and accurate method in measurement of the orbital contents. It takes time and is not easy to do, however, this kind of measurement for fine structures will be more easily available in near future.

Key Words Orbit · Periorbital Soft Tissue · Quantitative Measurement · Computed Tomographic (CT) scan.

Received: July 4, 2014 / Revised: July 11, 2014 / Accepted: July 15, 2014

Address for correspondence: Yong Oock Kim, M.D., Ph.D.

Department of Plastic & Reconstructive Surgery, Institute of Human Tissue Restoration, Yonsei University College of Medicine, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-ku, Seoul 120-752, Korea

Tel: 02-2228-2218, Fax: 02-362-5689, E-mail: sgm625@gmail.com

서 론

안구는 전체 중 세 부위가 superior, medial, inferior 가 각 frontal sinus, ethmoid sinus, maxillary sinus로 둘러싸여 있다. 그래서 상당한 충격에도 안구가 직접 손상을 입기 전에 안구를 둘러싼 sinus와 골 조직들이 먼저 부서져 많은 충

격을 흡수해 줌으로서 안구를 보호한다. 그 결과 안구 주변의 골 조직이 파괴되는 심각한 손상에서도 안구 자체의 손상은 피할 수 있어 시력이나 시야의 변화는 없는 경우가 흔히 발생한다. 그러나 시력이라는 기능적인 면의 손상은 없어도, 안구를 둘러싼 골조직의 위치 변화와, 안구를 둘러싼 연조직의 용적 변화로 안구의 위치가 바뀌게 되어 미용적인 문제점으로서 내안

중, telecanthus 등이 흔히 관찰되어 왔으며, 심한 경우 양안 격리증 소견까지도 나타난다.¹

이와같은 안구 위치변화는 현재까지는 외부에서 관찰되는 소견에 의해 대부분 보고 되고 있으며, 그 원인으로서는 골조직의 위치변화, 안구 주변 연조직의 용적 변화가 주 원인일 것이라는 물리적 상황에 대한 추측으로만 이해되고 있다. 이는 해부학적 구조상 어떤 기준점에 대한 안구의 절대적인 위치나 안구를 둘러싼 여러 연조직 각각의 용적이나 위치 변화를 측정할 수 있는, 그리고 서로 다른 측정자들에 의해서 측정이 되어도 그 오차가 극히 미미할 수 있는 측정 방법이 없었다. 그 결과 이 부위의 질병이나 손상에 따른 수술적 결과에 대한 보다 정량적인 원인 분석이나 이에 따른 대처 방법의 개발이 미비했다고 할 수 있다. 이에 본 저자는 안구 주변의 기본적인 연 조직의 위치 변화를 컴퓨터 단층 촬영의 디지털 이미지 데이터를 이용하여 3차원적인 안구 구조에 기초를 둔 안구의 연조직 측정 방법을 제시하고자 한다.

방 법

최근 컴퓨터의 발달로 컴퓨터 단층 촬영의 영상이 디지털 이미지 데이터로서 사용 됨으로서 컴퓨터에 의한 의료 영상 시스템 (Computer assisted medical imaging system)의 도움으로 삼차원 영상의 구현이나 이 삼차원 영상에서의 위치나 거리, 용적등의 정량적인 측정이 많이 용이해졌다.² 컴퓨터 단층 촬영의 데이터는 골조직의 영상을 가장 잘 보여주고, 삼차원 영상처리가 가능한 진단 방법으로 본 연구에서는 이차원 컴퓨터 단층 촬영의 데이터를 사용하였다.

1. 컴퓨터 단층 촬영 데이터 처리 (Fig. 1)

1) 컴퓨터 단층 촬영 데이터의 획득

컴퓨터 단층 촬영은 표준 컴퓨터 단층 촬영기를 사용한다. 단층 촬영은 고해상도, contiguous, non-overlapping 2mm transverse slice로 촬영한 후 magnetic optical disk에 저장한다.

2) 데이터의 전송

Local network communication을 통해 컴퓨터 단층 촬영기로 부터 computer workstation으로 데이터를 전송하고 보관한다.

3) 데이터 변환

보관된 digital data는 AnalyzeTM software에서 사용가능

한 image file로 변환한다. 이 과정은 프로그램 내에 내장된 module에 의해 시행되는 것으로 원래 컴퓨터 단층 촬영의 image data에는 전혀 손상을 주지 않는 과정이다. 변환된 데이터는 3차원적인 Volume 이미지로 보여줄 수 있도록 재구성(reformat) reformat 시킨다. 재구성 (reformat)된 데이터는 원래 컴퓨터 단층 촬영에서 획득된 많은 수의 2차원적 axial image 데이터가 합쳐져 3차원 영상을 보여주는 파일 형식으로 바뀐다.

4) Registration of position

서로 다른 환자에서 촬영된 컴퓨터 단층 촬영 상의 두개골의 위치는 서로 다르다. 이렇게 다른 단면의 컴퓨터 단층 촬영의 결과를 그대로 사용하여 거리나 부피를 측정할 경우 두 결과는 비교할 수 없는 결과를 보여주게 된다. 따라서 촬영시 정확히 맞추기 어려운 두개골의 위치를 컴퓨터 상에서 정확히 맞추어 주는 작업이 필요하며, 이러한 위치 조절 (registration of position)은 두개골 양측의 Internal auditory meatus와 anterior nasal spine이 속하는 평면을 수평 평면으로 한 후, 이에 직각으로 anterior nasal spine과 basion을 지나는 평면을 수직 평면으로 하여 서로 다른 위치에서 촬영된 3차원 CT 데이터를 동일한 위치로 재구성 하였다 (Fig. 2).

2. 측정

1) 측정점 선택

서로 다른 단층 촬영 영상에서 동일한 측정점을 취하기 위한 방법으로 3차원 골조직 영상과 함께 axial, coronal, sagittal의 2차원 영상도 동시에 영상화하여, 각 측정점들의 3차원 좌표를 구한다.

안구를 동일한 구획으로 나누는 가상 평면과 선 설정 : 안와 내외벽과 내외측의 지방층과 같은 연조직 두께의 정확하고, 동일한 측정을 위해 안구의 중심점을 지나는 수평면 (Plane 2)을 설정하고, 이 수평면과 안구의 위쪽 끝 사이를 양분해 주는 수평면 (plane 1), 그리고 안구의 아래쪽 끝 사이를 양분해 주는 수평면 (plane 3)를 설정하였다. 다시 각각의 수평면에 투사된 2차원 영상들은 안구중심점과 안신경의 충심을 지나는 longi-

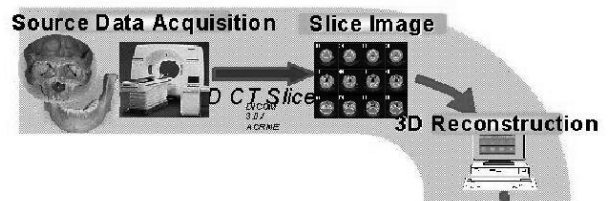


Fig. 1. Sequence of computer processing of 3D CT scan data.

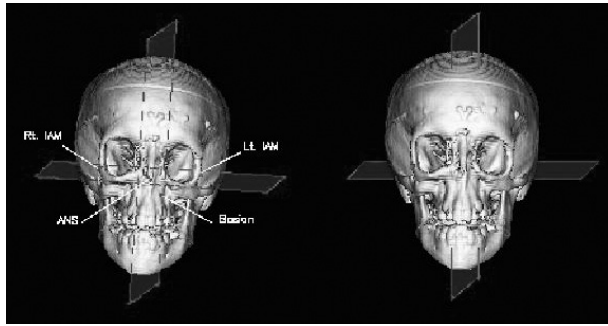


Fig. 2. Position Registration of 3D CT data.
IAM : Internal Auditory Meatus, ANS : Anterior Nasal Spine.

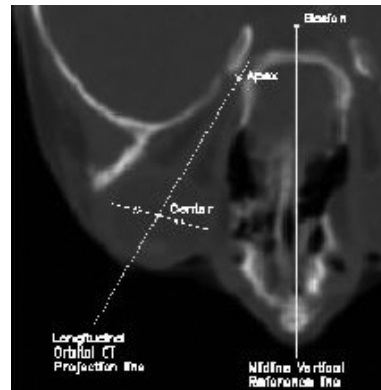


Fig. 4. Reference points and lines for making Line 1, 2, 3.

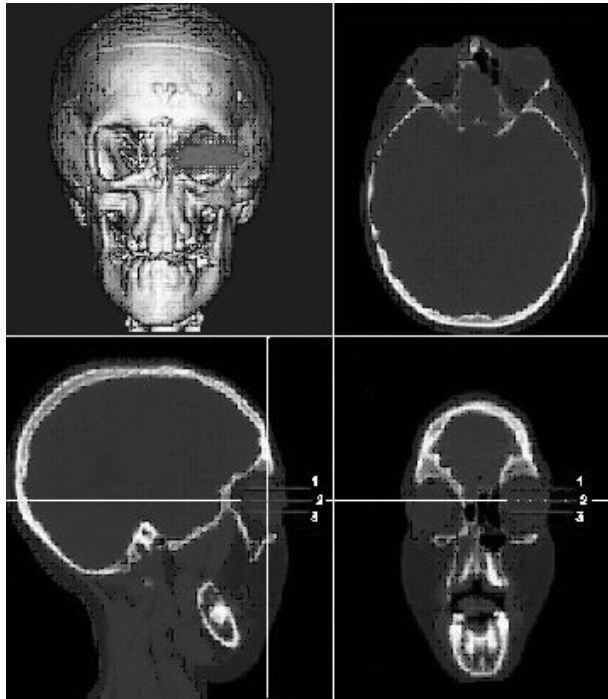


Fig. 3. Selection of Horizontal Plane in 3D image and 2D axial images (Plane 1, 2, &3)

tudinal Orbital Axis Line (LOPL) 상에서 안구의 원형을 양분하는 선 (line 2)을 설정한 후, 이 설정선과 전후방 안구 경계 사이를 양분하는 line 1, 3를 설정한다 (Fig. 3).

2) 선정된 측정점

양측 dacryon, 양측 centroid, 설정된 수평면, plane 1, 2, 3에서 line 1, 2, 3와 만나는 안와 내외벽 점들과 안구 경계점들 (Fig. 4, 5, 6).

거리 측정 : 선정된 측정점들 간의 거리와 초기에 설정한 ANS 와 basion을 지나는 수직 평면과 측정점들의 거리를 측정하여, 양측 안구의 비교나 환자 간의 비교가 가능한 거리를 얻는다.

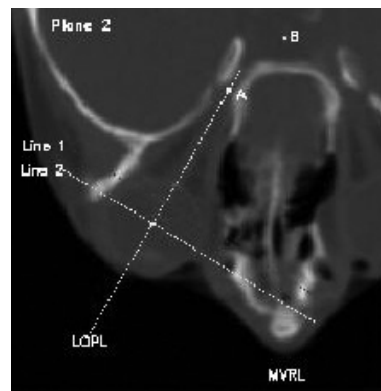


Fig. 5. Selection of Line 2 and Line 1 for division of eyeball.

결 과

각각의 측정점들의 좌표 (x, y, z)와 컴퓨터 단층 촬영의 pixel size 값 (p)을 알게 되면 두 측정점 간의 거리 (D)는 $D = P \times \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$ 로 구해질 수 있다.

그 결과로 양 눈골 점간 거리 (Inter-dacryon distance), 양 안구 중심 거리 (Inter-centroid distance)를 구할 수 있으며, 중심 수직축과 양측 안구 경계부의 측정점 간의 거리로 안구의 절대적 위치를 알 수 있으며, 이 위치는 측정점이 위치한 수평면과 설정선의 위치에 따라 안구의 특정 부위의 위치 변동을 정확히 알려 줄 수 있었다. 또한 전체 안구 경계부 측정점의 산술적 평균은 안구의 전체 범위를 포함하는 측정점들로서 안구의 전체적인 움직임을 대변해 줄 수 있다 (Fig. 6, 7).

이와 마찬가지로 중심 수직축 (midline vertical reference line)과 각각 안구의 내·외측 안와벽에 위치하는 측정점 간의 거리 측정은 안와벽의 움직임에 대해 정확한 정보를 제공할 수 있었다.

이러한 결과는 안와골을 중심으로 기형이 있거나 수술을 시도한 환자에서의 안와벽의 움직임이나 안구의 움직임에 대해서

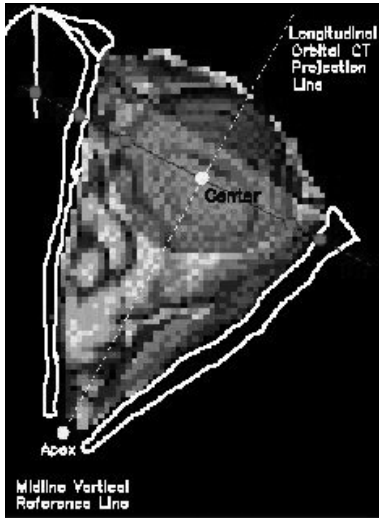


Fig. 6. dimensional orbit and overlapping orbital wall & points of measurement.

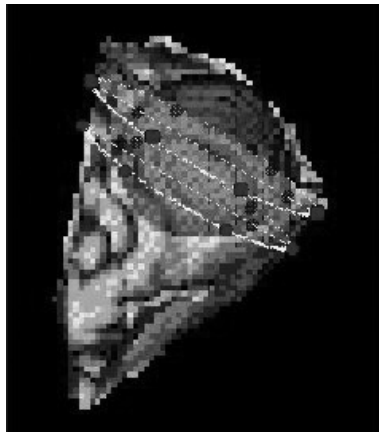


Fig. 7. Selection of Line 2 and Line 1 for division of eyeball.

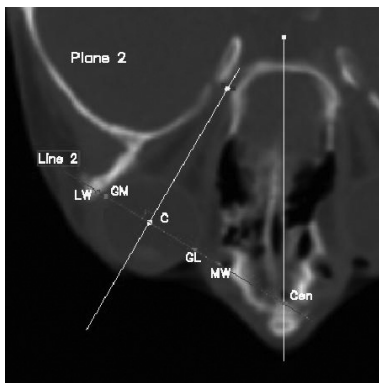


Fig. 8. Selection of Line 2 and Line 1 for division of eyeball.

양 눈골점 간 거리 (Inter-dacryon distance), 양 안구 중심거리 (inter-centroid distance), 안와 내벽의 이동 (Movement

of the medial orbital wall), 안와 외벽의 이동 (Movement of the lateral orbital wall), 외측 안구 주변 연조직 및 지방 조직의 두께 변화 (Alteration of thickness of the lateral periorbital fat thickness), 내측 안구 주변 연조직 및 지방 조직의 두께 변화 (Alteration of thickness of the medial periorbital fat thickness) 등을 측정 가능케 하였다 (Fig. 8).

고 찰

안구는 인체의 부위 중성형외과의 수술 영역 중 안구를 싸고 있는 안와골에 대한 수술이 선천성 두개안면기형이나 안면골의 외상 시 많이 이루어진다. 선천성 기형 중 선천성 양안 격리증은 그 대표적인 질병이라 할 수 있다.^{1,2} 이 질환에 대한 치료는 두개강내/외 접근 (Extra/intra-cranial approach)를 동시에 시도하여 안구를 둘러싼 네 방향의 안와골을 모두 분리시켜 안와 전체를 동시에 움직이는 수술로 교정한다.^{1,2} 이 수술의 기본 원칙은 안구를 움직이기 위해서는 안구를 둘러싼 단단한 구조물이 안와골을 움직임으로서 이루어진다는 간단한 물리적인 원리에 근거한 것이다.³⁻⁵ 이와 마찬가지로 외상 환자에 있어서도 관골이나 상악골등과 연관되어 안와골이 골절되었을 경우, 대부분의 수술자는 골절된 부위를 정확히 원래의 자리로 교정해 줌으로서 안구의 위치도 정상적인 원래의 위치⁵⁻⁹로 돌아갈 것이라는 가정하에 개방성 골 정복술을 시행하고 정확하게 골 정복을 하며, 교정을 한다. 그러나 많은 경우에서 이러한 수술의 결과는 수술자의 의도와는 다른 결과를 보이는 경우가 많다. 선천성 양안 격리증의 경우는 양쪽의 안와골이 충분히 사이가 좁혀졌음에도 불구하고 수술 후 일년만 지나면 정상으로 교정한 눈골 점간 거리와 내안각 거리가 다시 넓혀진다거나 수술 전 중앙주시 시 외측으로 편위되어 양안의 거리가 정상보다 넓던 것이 수술 후에도 교정이 안된다는 지 하는 문제에 대해서는 정확한 원인과 이유를 말해 줄수 없는 경우가 많다.¹⁰⁻¹⁴ 또한 외상의 경우에서도 완벽하게 골절된 골을 원위치 시키고 골 고정을 확실히 해 주고, 안구내 용적을 보충하여도 내안증이 빈번히 나타나는 것을 막을 수 없는 경우가 흔히 일어난다.^{10,14,15}

이런 결과의 원인으로는 여러가지가 있을 수 있다. 그러나 현재까지의 많은 안구의 위치나 안와벽의 움직임, 그리고 안구내 용적 변화 등에 대한 보고들에서 많은 지표와 측정치들이 사용되었지만 이들 모두에서 정확하고 객관성 있는 정량적 비교나 분석이 어려웠다. 그 이유로는 수술자의 수술 기록은 주관적인 것이라는 점 (예 : 한 수술자에 의한 기록, 수술 보조자에 의한 기록 등), 수술 전, 후 판단되는 많은 지표들은 측정자에 의해

편차가 심하게 날 수 있는 가능성이 많은 측정치라는 점(예 : 내안각 거리, 동공간 거리 등),³⁻⁵ 수술 전 후에 사용되는 방사선 사진에 의한 측정이라도 대부분 2차원 적인 측정치여서 3차원적인 실제 상황을 그대로 대변하기는 어렵다는 점들이 제시되고 있다. 또한 안구의 전체 크기가 5cm 직경 정도인 작은 구조물이라는 점들이 의학자 간에서 그리고 의학과 사이에서 서로 상반된 결과를 보이기도 하고 같은 수술자에 의한 결과 사이에서도 그 원인 분석을 정확히 알 수 없게 하는 원인이 되고 있다.³⁻⁹

이것을 극복하기 위해서는 통일된 측정 방법과 모든 사람이 동일하게 사용할 수 있고, 주어진 동일한 방법을 사용시 측정치간에 오차가 1-2mm 내외로 극히 적은 측정 방법이 필요하다. 이에 본 저자는 2mm 간격으로 촬영한 컴퓨터 단층 촬영과 이 컴퓨터 단층 촬영의 digital image를 컴퓨터 workstation에서 이용하여, 안구 주위의 골조직과 연조직의 정확한 정량적 분석을 가능케 하는 측정 방법의 기준은 필수적이다.

컴퓨터 단층 촬영의 이미지는 골조직, 특히 복잡한 안면 골조직의 영상을 거의 실제와 같이 정확히 보여준다.⁸⁻¹⁰ 또한 이 데이터에 의한 이미지는 현재 사용되고 있는 다른 방사선 영상 진단 방법에 비해 그 정확도가 높으므로 단순한 X선 촬영에 의한 측정이나 피부 외부에서 측정하는 것과는 달리 안와골조직과 안구 및 안구 주변조직 간의 관계를 보여주는데는 최선의 방법이라 할 수 있다.^{6,7,9,10}

본 연구에서 사용한 방법은 이러한 컴퓨터 단층 촬영의 데이터가 디지털 데이터이고, 그 결과 컴퓨터 상에서 보다 완벽한 영상을 만들어 기존의 측정 방법의 단점을 보완하고자 하였다.

첫째로 보통 임상이가 접하게 되는 2차원 필름 상에서 측정할 경우 그 측정치는 개개 환자의 촬영 시점의 두부 위치에 따라 오차가 발생할 수 있었다. 따라서 이에 대한 많은 보고에도 불구하고 더 나은 측정 방법이 요구되어져 왔다. 본 연구에서는 이와같은 오차를 배제하기 위해 2차원 단층 촬영 데이터를 3차원 영상으로 재구성하여 각각의 3차원 영상의 위치를 공통적인 해부학적 지표에 따른 수평면과 수직면에 재 위치 시킴으로서 촬영 시 발생하는 두부의 위치 변동을 보정하였다.

둘째로 기존의 컴퓨터 단층 촬영의 2차원 영상 자체에서의 발생 가능한 측정 오차는 3차원 영상과 2차원 영상을 동시에 보면서 측정점을 선택하고 각 측정점의 3차원적 x, y, z 좌표를 산출한 후에 거리 측정을 시행함으로써 오차를 배제할 수 있었다.

셋째로 안구의 정상적 해부학적 위치를 판단하기 어려운 선천성, 후천성 안구 기형의 경우에도 수술전이나 수술후에도 변하지 않는 점들을 포함한 기준 수평면과 수직면을 설정함으로써 수술에 의한 안와골이나 안구의 변화에 대한 측정에도 객관적

인 데이터를 줄 수 있을 것으로 여겨진다.

이와함께 양측 안구를 독립적으로 측정할 수 있으며, 기존에 흔히 사용되는 양 눈골점 거리나 양 안구중심 거리뿐만 아니라 안와벽의 위치나 안구 주변의 연조직 변화를 거의 측정 오차 없이 구할 수 있었다.

이제 컴퓨터의 대용량화와 영상 파일의 현재보다 보다 쉽고 자유로운 통신은 멀지 않은 일이다. 컴퓨터 단층 촬영의 영상은 디지털 데이터로서 그 활용이 현재 단순한 필름 영상을 보는 것보다 크게 증가할 것이다. 일반 개인용 컴퓨터에서 컴퓨터 단층 촬영의 영상의 간단한 조작만으로 의사가 자신이 보고자 하는 영상을 만들 수 있고, 측정할 수 있게 된다면 그 활용도는 더 높아질 것이다. 본 연구에서 제시한 안구와 안구 주변 조직을 계측하는 방법은 매우 정확하고 객관적이지만 아직은 일반 개인용 컴퓨터에서는 실행하기 어려우나 조만간 이러한 측정 방법이 쉽게 사용될 수 있으리라 기대된다.

결 론

본 연구에서 사용한 방법은 컴퓨터단층촬영의 데이터가 디지털 데이터이고, 그 결과 컴퓨터 상에서 보다 완벽한 영상을 만들어 기존의 측정 방법의 단점을 보완하고자 하였다.

첫째로, 보통 임상이가 접하게 되는 2차원 필름상에서 측정할 경우 그 측정치는 개개 환자의 촬영시점의 두부 위치에 따라 오차가 발생할 수 있었다. 따라서 이와 같은 오차를 배제하기 위해 2차원 단층 촬영 데이터를 3차원 영상으로 재구성하여 각각의 3차원 영상의 위치를 공통적인 해부학적 지표에 따른 추평면과 수직면에 재위치시킴으로서 촬영시 발생하는 두부의 위치 변동을 보정하였다.

둘째로, 기존의 컴퓨터단층촬영의 2차원 영상 자체에서의 발생 가능한 측정 오차는 3차원 영상과 2차원 영상을 동시에 보면서 측정점을 선택하고 각 측정점의 3차원적 x, y, z, 좌표를 산출한 후에 거리 측정을 시행함으로써 오차를 배제할 수 있었다.

셋째로, 안구의 정상적 해부학적 위치를 판단하기 어려운 선천성, 후천성 안구 기형의 경우에도 수술전이나 수술 후에도 변하지 않는 점들을 포함한 기준 수평면과 수직면을 설정함으로써 수술에 의한 안와골이나 안구의 변화에 대한 측정에도 객관적인 데이터를 줄 수 있을 것으로 여겨진다.

넷째로, 양측 안구를 독립적으로 측정할 수 있으며, 기존에 흔히 사용되는 양 눈골점 거리나 양 안구중심 거리뿐만 아니라 안와벽의 위치나 안구 주변의 연조직 변화를 거의 측정 오차 없이 구할 수 있었다.

이제 컴퓨터의 대용량화와 영상 파일의 현재보다 보다 쉽고 자유로운 통신은 멀지 않은 일이다. 컴퓨터단층촬영의 영상은 디지털 데이터로서 그 활용이 현재 단순한 필름 영상을 보는 것보다 크게 증가할 것이다. 일반 개인용 컴퓨터에서 컴퓨터단층촬영의 영상의 간단한 조작만으로 의사가 자신이 보고자 하는 영상을 만들 수 있고, 측정할 수 있게 된다면 그 활용도는 더 높아질 것이다. 본 연구에서 제시한 안구와 안구 주변 조직을 계측하는 방법은 매우 정확하고 객관적이지만 아직은 일반 개인용 컴퓨터에서는 실행하기 어려우나 조만간 이러한 측정 방법이 쉽게 사용될 수 있으리라 기대된다.

참고 문헌

1. Tessier, P. Experiences in the treatment of orbital hypertelorism. *Plast. Reconstr. Surg.* 53:1, 1974
2. Hoffman, W.Y., McCarthy J. G., Cutting, C. B., and Zide, B. M. computerized tomographic analysis of orbital hypertelorism repair: Spatial relationship of the globe and the bony orbit. *Ann. Plast. Surg.* 25: 124, 1990
3. Feingold, M., and Bossert, W.H. Normal values for selected physical parameters: An aid to syndromic delineation. *Birth Defects Orig. Artic. Ser.* 25: 124, 1990
4. Cohen, M. M., Jr., Richieri-Costa, A., guion-Almeida, M.L., and Saaverdra, D. Hypertelorism: Interorbital growth, measurements and pathogenic considerations. *J. Oral Masfaxillofac. Surg.* 24: 387, 1995
5. Laestadius, N.D., Aase, J. M. and Smith, D. W. Normal inner canthal and outer orbital dimensions. *J. Pediatr.* 74: 465, 1969
6. Hansman, C. F. Growth of interorbital distance and skull thickness as observed in roentgenographic measurements. *Radiology.* 86: 87, 1966
7. Costaras, M., Pruzansky, S., and Broadbent, B. H., Jr. Bony interorbital distance (BIOD) head size and level of the cribriform plate relative to orbital height: I. Normal standards for age and sex. *J. Craniofac. Genet. Dev. Bio.* 2: 5, 1982
8. Yaremchuyk, M. J., Whitaker, L. A., Grossman, R., and Castiglione, C. An objective assessment of treatment for orbital hypertelorism. *Ann. Plast. Surg.* 30: 27, 1993
9. Waitman, A. A., Posnick J. C., Armstong D. C., and Pron, G. E. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac. J.* 29: 118, 1992
10. Lo, L. J., Marsh, J. L., Vannier, M. W., and Patel, V. V. Craniofacial computer-assisted surgical planning and simulation. *Clin. Plast. Surg.* 21: 501, 1994
11. Tan, S. T., and Mulliken, J. B. Hypertelorism: Nosologic analysis of 90 patients. *Plast. Reconstr.* 99: 317, 1997
12. Mustarde, J. C. Epicanthus and telecanthus. *Br. J. Plast. Surg.* 16: 346, 1963
13. Tessier, P., Guiot, G., Rougerie, J., Delbe, J. P., and Pastoriza, J. Osteotomies cranio-naso-orbitales hypertelorisme. *Ann. Chir. Plast.* 12: 103, 1967
14. Mulliken, J. B., Kaban, L. B., Evans, C. A. Strand, R. D., and Murray, J. E. Facial skeletal changes following hypertelorbitism correction. *Plast. Reconstr. Surg.* 77: 7, 1986
15. Waitzman, A. A., Posnick, J. C., Armstrong, D. C., and Pron, G. E. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part I. Accuracy and reproducibility. *Cleft Palate Craniofac. J.* 29: 112, 1992