Computer-guided template를 이용한 임플란트 식립에서 술 전과 술 후 사이의 임플란트 위치에 따른 변위량 검사

인하대학교 의과대학 치과보철학교실

김원 · 김승미 · 김효정 · 송은영 · 이시호 · 오남식

Computer-guided system은 술 전에 임플란트 위치를 계획하고 이와 일치하도록 구강 내에 임플란트를 식립할 수 있게 하는 방법이다. 하지만 이렇게 임플란트를 식립한다 할지라도 실제 매식된 임플란트의 위치는 원래 계획하였던 위치와 차이가 있을 수 있다. 이 연구의 목적은 실제 임상에서 computer guided system을 이용하여 임플란트를 식립한 환자들의 경우 계획한 위치와 실제 식립된 임플란트 사이에 발생하는 변위량의 범위를 알아보고 그 임상적 적합성을 평가하는 것이다.

'NobelGuide' system (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)을 이용하여 Brånemark MK Ⅲ Groovy RP (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)임플란트 식립을 시행 받은 다섯 명의 환자를 선정하였다. 수술용 형판에 지대주 유사체를 연결한 후 술 전 측정 모형을 제작하였고 최종 보철물 제작 시 최종 인상을 채득하여 술 후 측정 모형을 제작하였다. 두 측정 모형의 CT 방사선 사진을 촬영 후 3차원적으로 재현하였고 재현된 모델 상에서 식립된 임플란트 위치를 지정하였다. 각 임플란트는 임플란트 경부와 첨단의 중심점을 연결하여 임플란트 축을 설정하였으며 두 축 간의 각도가 측정되었다. 임플란트 간 거리는 각 임플란트의 경부에서, 설정된 임플란트 축이 지나가는 중심점 간의 거리를 측정하였다. 총 5명 환자의 58개 부위의 임플란트 간 술 전과 술 후 임플란트 거리와 각도 변위량이 기록되었으며 평균 및 최대 변위값을 산출하였다.

술 전과 술 후 임플란트 위치 간 거리의 변위량은 평균 0.41 mm였고 최대 1.7 mm의 범위 하에 있었다. 술 전과 술 후 임플란트 간 위치의 각도의 변위량은 평균 1.99°를 나타냈으며 최대 각도 변위량은 6.7°를 나타내었다.

술 전 계획된 임플란트와 술 후 식립된 임플란트 간의 길이와 각도에 따른 평균 변위량은 computer-guided implant system을 실제 임상에 적용하는 데 있어 큰 문제가 존재하지 않고 '수동적 적합(passive fit)'을 얻기에 무리가 없을 허용 가능할 만한 값을 나타냈다.

주요어: Computer guided system, 임플란트, 변위량, CT 방사선 (**구강회복응용과학지** 2011:27(2):175~184)

교신저자: **오남식**
인천광역시 중구 신흥동3가 인하대병원 치과보철학교실
Tel: 032) 890-3594, Fax: 032) 890-2475, E-mail: onsdo@inha.ac.kr
원고접수일: 2011년 04월 20일, 원고수정일: 2011년 05월 23일, 원고채택일: 2011년 06월 25일

서 론

임플란트 시술 전 환자의 보철 수복 방법을 정하고 이에 적합한 임플란트 종류와 식립 위치를 계획하는 것은 시술 그 자체만큼 중요하다. 임플란트가 부적절한 위치에 식립될 경우 중요한 해부학적 구조물에 손상을 야기하는 등의 합병증이 유발되고 수복 방법에 대한 고려 없이 임플란트를 식립할 경우에도 보철 수복 단계에서 예상치 못한 심미적, 기능적인 문제를 유발할 수 있다.[1-2]

Computer-guided system은 환자의 잔존 골 상태, 보철 수복 방법 등을 고려하여 술 전에 임플란트 위치를 미리 계획하고 이와 일치하도록 구강 내에 임플란트를 식립할 수 있게 하는 방법이다. 이 방법은 환자의 CT 방사선 사진을 기초로 환자의 골 량이나 해부학적 구조물의 위치를 파악한 후 그에 적정한 임플란트의 종류, 직경, 길이, 방향 등을 계획하고 3차원적으로 재현된 모델 영상을 바탕으로 수술용 형판를 제작하며 이를 구강 내에 장착하여 임플란트 식립을 시행한다.

이러한 computer-guided system은 여러 이점을 갖는다. 환자의 골 형태를 재현한 모델을 제시함으로써 술자로 하여금 임플란트를 식립 전 적합한 임플란트의 종류와 위치를 미리 설정할 수 있게 한다. 또한 중요 해부학적인 구조물 등을 시각화할 수 있어 임플란트 시술 시 하악관이나 상악동 등과 같은 구조물과 관련한 위험을 피할 수 있게 해준다. 게다가 몇몇 환자에서는 기존의 골만을 이상적으로 사용함으로써, 골 증대술과 같은 부가적 처치를 피할 수 있게 하며 판막 거상을 시행하지 않고 임플란트를 식립하는 것도 가능하게 한다. 수복물 역시 시술 전에 미리 제작할 수 있기 때문에 임플란트에 즉시 부하를 가하는 것도 가능하게 된다.[3-5]

하지만 이렇게 미리 제작한 수술용 형판을 환자의 구강 내에 장착하여 임플란트를 식립한다 할지라도 이후 실제 매식된 임플란트의 위치는 원래 계획하였던 위치와 차이가 있을 수 있다. 임플란트 시술 시 발생할지도 모르는 오차 등에 대하여 이러한 시스템 제조사들은 경미한 수준의 차이일 경우 특별히 고안된 지대주를 사용하여 그 차이를 보상할 수 있다고 설명한다. 하지만 만약 그 변위량이 적정 수준을 넘게 나타난다면 이는 이후 임플란트 상부 보철물을 수복 시 '수동적 적합(passive fit)'을 이루기 어렵게 되고 더 심할 경우 연결된 보철 수복을 위한 적합한 삽입로조차 얻을 수 없게 된다. 일반적으로 임플란트와 골 계면 간의 골 유착이 이루어지는 것이 성공한 임플란트라고 간주되지만, 장기적으로 기능을 수행하기 위해서는 임플란트의 상부 구조물에 대한 생역학적 고려 역시 철저하게 행해져야 한다. 이를 고려했을 때 중요한 점이 다수의 지대주나 임플란트를 연결 시 임플란트와 지대주, 지대주와 보철물 사이에 완전한 수동적 적합을 이루는 것이다.[6-] 이러한 '수동적 적합'은 지대주나 임플란트 사이의 매우 정확한 금속 간 결합으로 정의되며, 기능적 부하가 가해질 때 균등한 하중 분산을 가능하게 한다.[7-9] 따라서 수동적 적합의 실패는 보철물의 피로 파절이나 나사의 풀림 현상, 기계적 파절을 야기하며, 결국에는 상부 골조직의 흡수 또는 골 유착의 상실을 초래하게 된다.[9-10] 그렇기 때문에 술 전에 computer-guided system을 통하여 미리 계획한 임플란트 위치와 술 후 실제 구강 내 식립된 임플란트 위치 사이의 차이를 조사한 후 그 변위량를 분석하여 computer-guided system의 정확성 및 임상적 적합성을 평가해보는 것은 상당히 의미 있는 일이라 할 수 있겠다. 그러나 임플란트 위치 변위량을 알아보는 연구들은 인간 사체에 임플란트를 식립한 다음 그 차이를 조사한다거나 특정 실험 모델을 제작하여 분석하는 것이 대부분이었다. 그렇기 때문에 그 결과들은 이 시스템의 구조적인 오차 범위를 확인할 수 있을 뿐 실제 임상에 적용했을 때 충분히 적합한지 규명할 수 없었다.

이 연구의 목적은 실제 임상에서 computer

guided system을 이용하여 임플란트를 식립한 환자들의 경우 계획한 위치와 실제 식립된 임플란트 사이에 발생하는 변위량의 크기가 어느 정도인지 알아보고 그 임상적 적합성을 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 대상

인하대 병원 치과센터 보철학 교실에서 computer guided system 중 하나인 'NobelGuide' system (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)을 이용하여 임플란트 식립을 시행 받은 다섯 명의 환자가 본 논문의 연구 대상으로 선정되었다 (Table Ⅰ). 모두 Brånemark MK Ⅲ Groovy RP 임플란트 (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)가 식립된 환자들을 대상으로 하였다. 환자들은 상악이나 하악 중 한 악궁에 임플란트 식립을 시행 받았으며 적어도 3개 이상의 임플란트를 식립하였다. 특이한 전신 질환을 갖지 않았으며 식립 8~9개월 후 최종 보철물이 장착되었다. 5명 환자 모두 최종 보철물 장착을 완료한 후에 약 1~2년 동안 주기적 경과 관찰을 시행 중인 상태였다.

2. 술 전 수술용 형판 측정 모형과 술 후 측정 모형 제작

환자들은 임플란트 식립을 하기 전에 CT 방사선 촬영을 시행 받았다. 촬영한 CT 방사선 사진

Table Ⅰ. Characteristics of patients

Patients	Sex	Age	Location	Number of implant	Surgery date
1	F	49	상악	3	2008.07
2	F	69	상악	3	2008.06
3	F	52	상악	4	2008.08
4	F	56	하악	5	2007.07
5	M	73	상악	9	2008.08

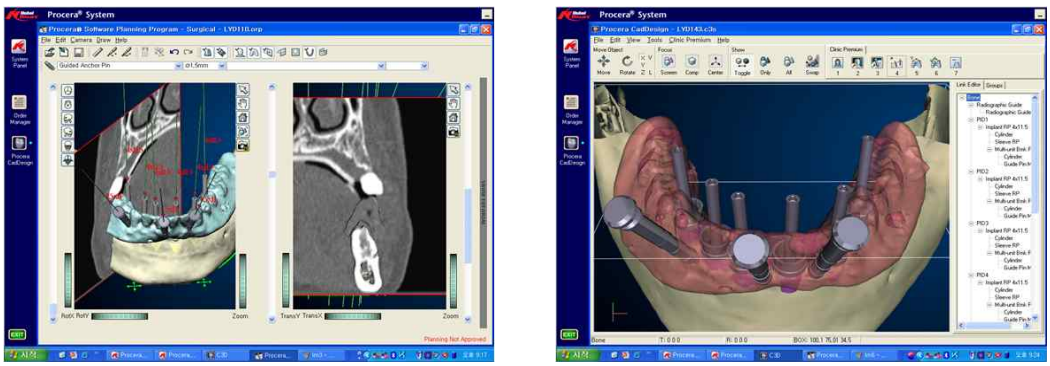


Fig. 1. Simulated 3D imaging in Procera® program (Patient 4).



Fig. 2. Surgical template (Patient 4).



Fig. 3. Surgical template connected lab analog.

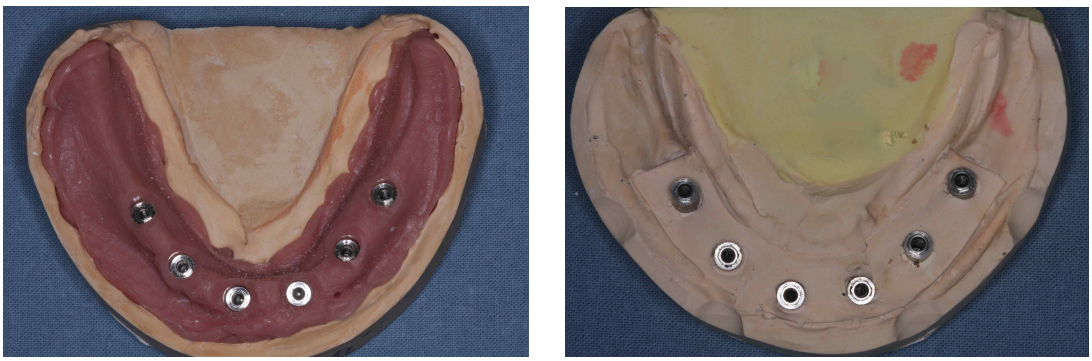
이미지를 NobelBiocare™ 사의 Computer-guided system인 Procera® 프로그램 (Procera Software Clinical Design Premium, version 1.5; Nobel Biocare AB)을 사용하여 모델화하였으며 3차원적으로 환자의 상태를 재현하였다(Fig. 1). 진단 모형과 방사선 사진, 환자의 이후 보철 치료 방식 등을 고려하여 임플란트 종류와 위치를 결정하였다. 이후 임플란트 위치가 설정된 모델을 전송하여 NobelBiocare™사에서 그에 따라 수술용 형판을 제작하였다(Fig. 2).

완성된 수술용 형판을 바탕으로 계획한 임플란트 위치가 인기되어있는 술 전 측정 모형을 제작하였다. 이는 제작된 수술용 형판에 지대주 유사체를 연결한 후 제4형 경석고를 부어 완성하였다(Fig. 3).

이후 최종 보철물 제작 시 Impregum® (Impregum Penta, 3M ESPE Seefeld, Germany)을 이용하여 최종 인상을 채득하였고 마찬가지로 술 후 측정 모형을 제작하였다(Fig. 4).

3. 임플란트 위치 지정 및 임플란트 간 거리와 각도 분석

시술 전과 후 임플란트 위치 변위를 분석하기



(a) Pre-operative study model (b) Post-operative study mode

Fig. 4. Pre- and post- operative study model (Patient 4).

위하여 술 전과 술 후 측정 모형의 CT 방사선 사진을 촬영하였다. 저장된 파일은 Procera® software를 이용하여 3차원적으로 모형을 재현하였고 재현된 모델 상에서 식립된 임플란트 위치를 지정하였다(Fig. 5,6). 3차원 상에 위치한 각 임플란트는 임플란트 경부의 중심점과 임플란트 첨단의 중심점을 연결하여 축을 설정하였으며 두 임플란트 축 간의 각도가 측정되었다. 임플란트 간 거리는 각 임플란트의 경부에서, 설정된 임플란트 축이 지나가는 중심점 간의 거리를 측정하여 기록하였다(Fig. 7,8). 이 측정 역시 Procera® software에 탑재되어 있는 기능을 이용하여 프로그램 상에서 이루어졌으며 각기의 모델에서 측정된 값을 비교하여 술 전과 술 후 임플란트 사이의 거리와 각도 사이의 변위량이 기록되었다.

각 모형에서 우측 최후방 구치부 부위에 식립한 임플란트를 'I1'으로 지정하였으며 인접 임플란트부터 반대측 최후방 임플란트까지 I2, I3와 같은 순서로 명명하였다. 각 환자 별로 최소 3개부터 최대 36개의 임플란트 간 거리와 각도의 측

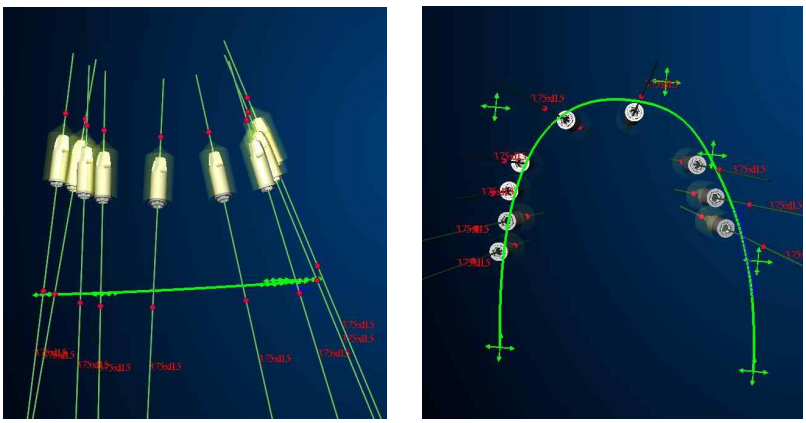


Fig. 5. Simulated 3D image of pre-operative implants (Patient 5).

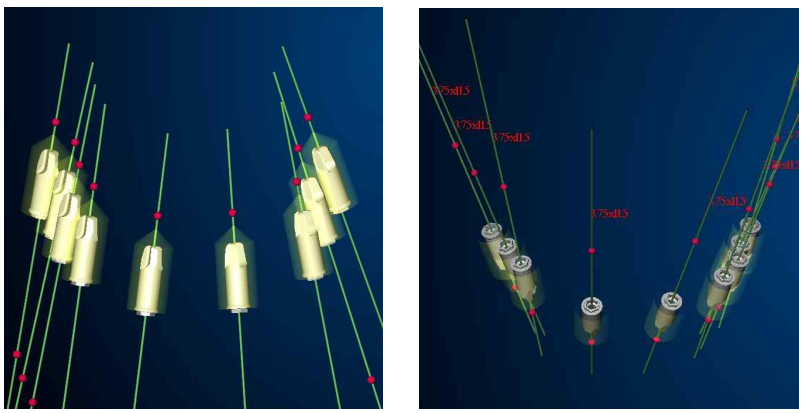


Fig. 6. Simulated 3D image of post-operative implants (Patient 5).

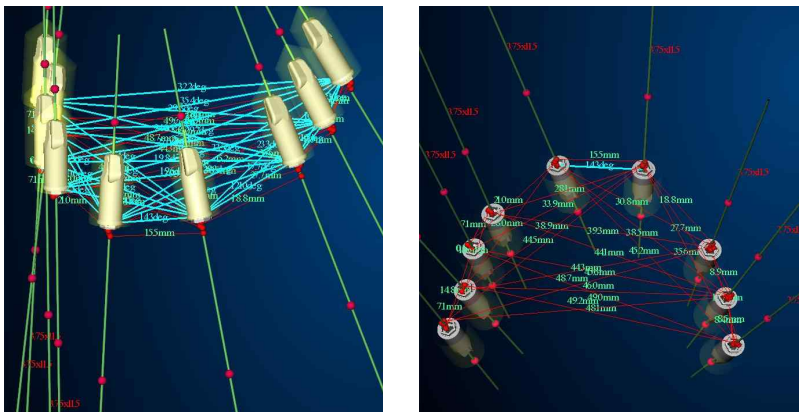


Fig. 7. A measurement of length and angulation between each implant in simulated 3D image of pre-operative implants (Patient 5).

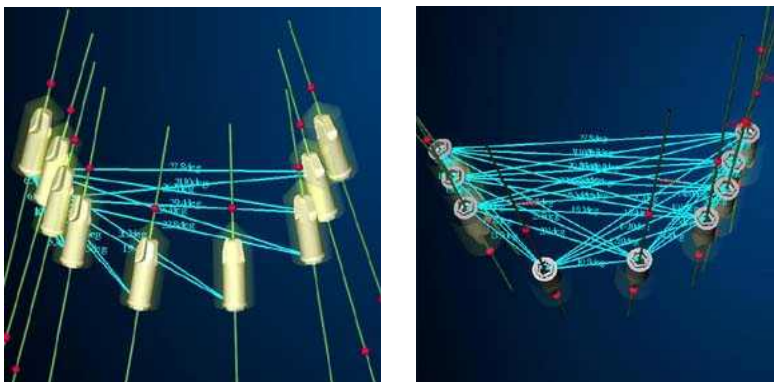


Fig. 8. A measurement of length and angulation between each implant in simulated 3D image of post-operative implants (Patient 5).

정이 이루어졌다. 총 5명 환자의 58개 부위의 임플란트 간 술 전과 술 후 거리와 각도 변위량이 기록되었으며 평균 변위값과 최대 범위가 분석되었다.

결 과

다섯 명의 환자에서 computer-guided system으로 식립된 총 24개의 임플란트가 이 연구에 포함되었다. 모든 보철물은 고정성 타입으로 제작되었고 연구 도중 어떠한 임플란트도 실패하지 않았다. 모든 임플란트에서 최종 보철물 수복이 이루어졌다.

1. 술 전과 술 후 임플란트 간 거리와 각도에 따른 변위량 분석

각각 술 전과 술 후 모형에서 얻어진 임플란트와 임플란트 간 거리와 각도의 측정값을 통하여 총 58개 부위의 임플란트 간 술 전과 술 후의 거

Table Ⅱ. Mean Value and Range of Deviation

Variables (n=58)	Mean	SD	Min	Max
Linear deviation (mm)	0.41	0.36	0	1.7
Angular deviation (°)	1.99	1.45	0	6.7

리와 각도 변위값이 기록되었다. 이를 토대로 평균 변위값과 최대 변위량을 산출하였다(Table Ⅱ).

술 전과 술 후 임플란트 위치 간 거리의 변위량은 평균 0.41mm였고 최대 1.7 mm의 변위량을 보였다. 술 전과 술 후 임플란트 간 위치의 각도차에 대한 변위량은 평균 1.99°를 나타냈으며 최대 각도 변위량은 6.7°를 나타내었다.

임플란트 간 거리 차이에 따른 변위량도 알아보았다. 임플란트 사이에 개재된 임플란트 수가 많을수록 임플란트 간 거리는 커진다고 할 수 있다. 임플란트 사이에 개재된 임플란트 수에 대한 평균 변위값을 분석한 결과 임플란트 수의 증가와 선상과 각도 변위값 사이에 특별한 유의성을 찾을 수 없었다(Fig. 9).

총괄 및 고안

본 연구 결과 술 전과 술 후 임플란트 간 거리의 변위량은 평균 0.41 mm였으나 가장 큰 변위는 1.7 mm를 나타냈다. Vinicius 등은 술 전과 술 후 사이에 2 mm 이하의 오차는 computer-guided system을 사용하는 데 있어서 비교적 안전한 범위라 예측할 수 있다고 주장하였다.[1] 술 전과 술 후 임플란트 간 위치의 각도의 변위량은 평균 1.99°를 나타냈으며 최대 각도 변위량은 6.7°를 나타냈다. 1.99°의 평균 변위량 역시 제조사가 주장하는 특정 지대주의 허용 오차 한도 내에 있기 때문에 이 기술을 임상적으로 적용하는데 있어 안전한 수준이라 할 수 있겠다.

컴퓨터 프로그램을 이용하여 3차원적으로 설정한 임플란트 위치와 제작된 수술용 형판으로 식립한 임플란트 사이의 오차를 분석하는 연구는 더러 있었지만 실제 임상에서 최종 보철물 수복 시의 변위량을 분석한 연구는 드물었다. 따라서 본 연구는 이 오차를 알아보기 위해 수술용 형판에서 인기된 임플란트와 실제 최종 인상 시 인기된 임플란트 사이의 위치 차이를 분석하였다.

이러한 오차가 발생하는 요인은 CT 영상을 프로그램 상에서 재현하는데 있어 발생하는 시스템 자체의 구조적인 한계나 인상 채득 시 인상재

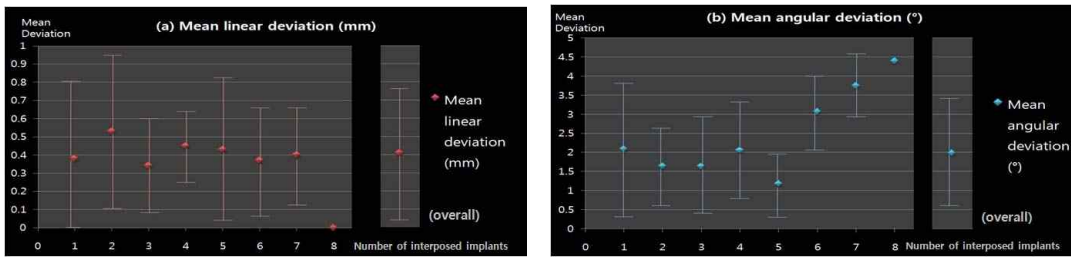


Fig. 9. Mean linear and angular deviation of inter-implant site.
(a) Mean linear deviation, (b) Mean angular deviation

에 따른 오차 등도 있겠지만 시술 과정에서 잘못된 위치에 임플란트를 식립하여 생기는 변위가 가장 크고 빈번하다고 할 수 있다. 예를 들어 술자는 시술 시에 환자의 구강 내에 수술용 형판이 장착된 상태에서 식립을 시행하므로 충분한 시야 확보가 어렵게 된다. 그렇기 때문에 원하는 식립 깊이로 임플란트의 식립이 이루어지지 않은 채 시술을 마무리할 수 있다.

또 한 가지 시술 과정에서 일어나는 변위 원인 중 하나는 수술용 형판이 구강 내에 정확히 고정이 되지 않은 채로 임플란트 시술을 시행한 경우이다. 시술 시 수술용 형판의 고정핀이 완전한 고정을 이루지 못하거나 특정 부위에서 점막과 형판 사이에 이개가 존재하면 임플란트는 오차가 생길 수밖에 없다. 이는 특히 시술 과정에서 형판의 고정핀 장착과 좌우 양측으로 1개의 임플란트를 식립하여 고정하는 단계 전까지 그 변위가 크게 된다. 그러므로 수술용 형판을 구강 내 장착할 경우 고정핀에 의해 고정이 확실히 되는지 확인해야 하며 좌우 양측으로 1개씩의 임플란트를 먼저 식립하여 수술용 형판의 좌우 고정을 견고히 해야 한다. Computer guided system의 제조사 역시 수술용 형판을 이용한 임플란트 식립 시술 시 이와 같은 방법을 지시하고 있다.

기존의 Van Assche 등은 인간 사체의 하악골에 임플란트를 직접 식립한 후 술 전 계획한 임플란트와 실제 식립한 임플란트의 위치 변위량을 평가하는 연구를 시행하였으며 최대 선상 변위량은 2.3 mm (Mean: 1.1 mm)였고 최대 각도 변위량은 4° (Mean: 1.8°)라고 보고하였다.[11] 본 연구 결과 값은 이와 비교했을 때 거리에 대한 최대 변위량은 더 작은 값을 나타냈고 각도 변위량에 있어서는 더 큰 값을 나타냈다. 그러나 본 연구에서의 각도 변위량에서 최대 범위인 6.7° 정도의 값은 일정 한도의 수용할 만한 오차의 정도를 초과한다고 할 수 있었다. David 등도 기존 논문들의 고찰을 통해 computer-guided template-based 임플란트의 정확성을 평가하였으며 평균 선상 변위량은 1 mm, 평균 각도 변위량은 5~6°를 보고하였다.[12] Di Giacomo 등도 4명 환자의 21개 임플란트를 대상으로 술 전 및 술 후 CT 촬영을 통하여 임플란트 변위량에 대한 연구를 시행했으며 1.45 mm의 평균 선상 변위량과 7.25±2.60°의 평균 각도 변위량을 보고했다.[13] 두 연구 결과 모두 평균 선상 변위량은 본 연구 결과와 비슷한 수준의 값을 보였지만 평균 각도 변위량은 본 연구 결과와 비교해 보다 높은 값을 나타냈다.

환자의 악궁 내에서, 한 임플란트와 식립된 다른 인접 임플란트의 거리 차가 크다면, 즉 식립된 한 임플란트와 또 다른 임플란트 사이에 개재된 임플란트 수가 많다면 상호 간 거리와 각도 측정의 오차가 커질 수 있다. 하지만 두 임플란트 사이에 개재된 임플란트 수의 증가와 선상과 각도 변위값 사이에서 특별한 유의성을 찾기 어려웠다(Fig. 9). 1.7 mm의 최대 선상 변위값과 6.7°의 최대 각도 변위값 역시 임플란트 간 간격이 가장 짧은 경우에 나타났다. 이는 한 악궁 내에 5개 이상의 임플란트를 식립한 환자가 단지 2명이었기 때문에 명확한 관련성을 찾는데 있어서 다소 자료가 부족했기 때문이라 할 수 있다.

결 론

현 논문의 제한점 이내에서 술 전 계획된 임플란트와 술 후 실제 식립된 임플란트 간의 길이와 각도에 따른 평균 변위량은 computer-guided implant system을 실제 임상에 적용하는 데 있어 큰 문제가 존재하지 않고 수동적 적합을 얻기에 무리가 없을 허용 가능할 만한 값을 나타냈다. 그러나 술 전과 술 후 임플란트 간 각도에 따른 차이에 있어서 6.7° 정도의 높은 변위값은 그 요인 등에 대하여 충분한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이를 위하여 좀 더 많은 샘플 수를 가진 실험이 이루어져야 할 것이고 더불어 장기간 관찰된 연구가 이 논문의 결과를 확증하기 위해 더 필요할 것이다.

연구비 지원 및 사의

본 논문은 2011년도 인하대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

참 고 문 헌

1. Vinicius NV, Vinicius D, Rogerio MP, Marilia GO. Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery. Clinical Oral Implants Research 2010; 21: 290-295
2. Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precison of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan image through a robotic drilling machine. Clinical Oral Implants Research 2002; 13(6): 651-6
3. Van Steenberghe D, Glauser R, Blomback U, Andersson M, Schutyser F, Petterson A, Wendelhag I. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. Clinical Implant Dentistry @ Related Research 2005; 7(Suppl.): S111-S120
4. Sanna AM, Molly L, van Steenberghe D. Immediately loaded cad-cam manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures: a cohort study of consecutive patients. Journal of Prosthetic Dentistry 2007;97: 31-39
5. Komiyama A, Klinge B, Hultin M. Treatment outcome of immediately loaded implants installed in edentulous jaws following computer-assisted virtual treatment planning and flapless surgery. Clinical Oral Implants Research 2008; 19: 677-685
6. Humphries RM, Yaman P, Bleom TJ. The accuracy of implant master casts constructed from transfer impressions. Int J Oral Maxillofac Implants 1990; 5: 331-336
7. Rangert B, Jemt T, Jorneus L. Forces and movements on Brånemark implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1990; 4: 241-247
8. Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago, Quintessence Publ Co 1985; 117-128
9. Brånemark PI, Zarb GA, Albreksson T. Tissue-integrated prostheses. Quintessence publish Company 1990; 233-240
10. Sones AD. Complications with osseointegrated implants. J Prosthet Dent 1989; 62: 581-585
11. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. Journal of Clinical Periodontology 2007; 34: 816-821
12. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. Clinical Oral Implants Research. 2009; 20 Suppl 4: 73-86
13. Di Giacomo GA., Cury PR, De Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results, Journal of Periodontology 2005; 76: 503-507

Deviations of Implant Position between Pre- and Post-operation in Computer-guided Template-based Implant Placement

Won Kim, Seung-Mi Kim, Hyo-Jung Kim, Eun-Young Song, Si-Ho Lee, Nam-Sik Oh

Department of Prosthodontics, Inha. University, Incheon, Korea

With a development of implant restoration technique, there are increasing use of computer-guided system for edentulous patients. It was carried out simulated operation based on CT information about patient's bone quantity, quality and anatomical landmark. However, there are some difference between the programmed implant and post-operative implant about it's position. If the deviation was severe, it could happen a failure of 'passive fit' and not suited for path of implant restoration. The aim of this presentation is to evaluate about a degree of deviations between programmed implant and post-operative implant.

Five patients treated by 'NobelGuide' system (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden) in Department of Prosthodontics, Inha University were included in this study. The patients were performed CT radiograph taking and intra-oral impression taking at pre-operation. Based on CT images and study model, surgical stent was produced by NobelBiocareTM. To fabricated a pre-operative study model, after connected lab analog to surgical template, accomplished a pre-operative model using type 4 dental stone. At final impression, a post-operative study model was fabricated in the conventional procedures. Each study model was performed CT radiograph taking. Based on CT images, each implant was simulated in three dimensional position using Procera® software (Procera Software Clinical Design Premium, version 1.5; Nobel Biocare AB).

In 3D simulated model, length and angulation between each implant of both pre- and post-operative implants were measured and recorded about linear and angular deviation between pre-and post-operative implants. A total of 24 implants were included in this study and 58 inter-implant sites between each implant were measured about linear and angular deviations.

In the linear deviation a mean deviation of 0.41 mm (range 0~1.7 mm) was reported. In the angular deviation, a mean deviation was 1.99° (range 0°~6.7°). It appears that the both linear and angular mean deviation value were well acceptable to application of computer-guided implant system.

Key words: Computer-guided system, Implant, Deviation, CT radiograph

Correspondence to: Nam Sik-Oh
Department of Prosthodontics, Inha. University 3-Ga Sinheung-Dong, Jung-Gu, Incheon, Korea
Tel: 032) 890-3594, Fax: 032) 890-2475, E-mail: onsdo@inha.ac.kr
Received: April 20, 2011, Last Revision: May 23, 2011, Accepted: June 25, 2011