

디지털 공제 방사선 촬영술에 있어서 기계적 및 투사적 규격화의 평가

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

최봉인 · 조봉혜 · 나경수

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

질환의 진행이나 치유과정으로 인한 치조골 변화와 같은 서서히 나타나는 미세한 변화들은 한 장의 방사선 사진에서보다 최소한 두장 이상의 방사선 사진을 통한 차이를 계측함으로써 더 잘 관찰 할 수가 있다. 이러한 차이가 나는 방사선 사진 상을 얻는 방법인 디지털 공제 방사선 촬영술 (digital subtraction radiography)에 대한 연구가 최근 많이 시행되고 있다¹⁻⁵⁾. 이것도 도입되자 재현성이 우수한 방사선 사진 촬영법의 필요성이 명백해졌다. 즉 동일한 기하학적 촬영 조건 (identical imaging geometry)을 가진 방사선 사진 쌍들을 얻어야 하는데 시간이 지나면서 나타나는 차이를 인지할 수 있으려면 계속적으로 촬영되는 방사선 사진에서도 공간

적 관계가 일정하게 되도록 기하학적 촬영 조건이 표준화되어야 한다⁶⁾.

전통적으로 디지털 공제 방사선 촬영술을 위한 규격화된 방사선 사진을 얻기 위하여 기계적인 고정 방법이 사용되어 왔다⁷⁾. 여러 가지 방법들이 방사선원, 환자 및 상기록 장치간의 정해진 공간 위치 관계를 기계적으로 재현하기 위해 개발되었다. 이들 방법들은 여러 가지 재료와 장치를 이용하는데 occlusal stents와 cephalostats에서부터 electronic positioning devices와 robotics까지 다양하다⁷⁻¹¹⁾. 이들은 주로 occlusal stents를 이용하여 위치 고정 및 방사선원과 필름간의 거리를 고정하고 이 occlusal stent로 고정되지 않는 것은 cephalostats를 이용하여 환자의 회전 방지를 위한 고정을 하였다. 필름이 주로 영상 기록 매체로 사용되어 왔으므로 공제하기 전에 필름을 정확하게 인기 (registration) 하는 것이 또한 필수 전제가 되어 왔는데 다른 방법도 모색되어 왔지만¹²⁻¹⁵⁾ 대개는 이것도 기계적인 방법을 사용해 왔다.

이들 기계적인 규격화 기술들은 in vitro 및 in vivo 연구에서 높은 민감도 (high sensitivity)를 나타내며 성공적으로 적용되는 것을 보였다¹⁶⁻¹⁷⁾. 규격화된 방사선 사진의 필요성이 디지털 공제 방사선 촬영술에서만 요구되는 것은 아니지만 공제술에 적합한 디지털 방사선 영상을 만드는 데는 특수한 장치 및 많은 시간과 노력이

필요하게 되어 이들의 광범위한 임상 적용이 제한을 받아왔다.

최근 규격화의 다른 방법들이 개발되어 왔는데, 이들은 기능도 우수하지만 경제적인 컴퓨터 시스템을 이용하여 방사선 영상을 이차원이나 삼차원에서 조작하는 것이다¹⁸⁻²¹⁾. 그 중 한 가지는 Dunn과 동료들에 의해서 개발된 투사적 규격화(projective standardization)인데 방사선 사진 촬영 과정에 있어서 큰 탄력성을 제공하며 기계적 규격화 과정의 불편을 해결한 것이다^{19, 22)}.

기계적 규격화의 중요한 목적은 두 방사선 사진간에 대응적 관계(correspondence)를 보존하는 것이다. 즉 이것은 한 장의 방사선 사진상의 어떤 구조물이 다른 방사선 사진 상에서도 같은 크기와 위치로 구성되어야 하는 것을 말한다. 이것이 가능하려면 이들 상의 거리와 상대적인 위치가 다른 방사선 사진에서 어느 시점에서나 같아야 한다는 것을 말한다. occlusal stents와 cephalostats는 이 불변하는 관계(invariant relationship)를 보존함으로써 상들의 위치를 필름 상에서와 그것의 디지털 영상에서 정확하게 동일한 위치로 잡을 수 있게 한다. 그런데 환자를 stent나 occlusal stent로 위치 고정하는 단계를 술자가 필름 상에서 상을 확인하는 단계로 대체시킨다면 이러한 복잡한 장치 사용의 불편을 덜 뿐만 아니라 상의 정확도도 증가시킬 수가 있다. 이것은 사람이 먼저 주어진 사진 상에서 상을 인지한 후 다른 한 장 혹은 그 이상의 사진에서 그 인지한 상의 위치를 맞추는 것을 의미한다. 그러므로 대응 관계 지정을 술자가 하며 컴퓨터가 그 대응 정보를 이용하여 두 장 혹은 그 이상의 사진을 배열하게 된다. 즉 기준 영상에 대하여 재구성된(reconstructed) 영상을 만드는 것이다. 그러므로 방사선 사진은 굳이 동일한 기하학적 촬영 조건을 갖추어야 할 필요는 없다. 오히려 동일하지 않은 촬영 조건으로 촬영된 여러 방사선 사진들이 맞추어지게 된다. 즉 각도차이가 나는 상태에서 대응 관계가 성립되게 되는 셈이다. 이것이 투사적 규격화이다.

이전의 연구²³⁾에서, 이 불변하는 관계에 근거한 인기 방식을 이용하는 투사적 규격화방법이 각도의 차이가 16도 까지 있는 상의 쌍들의 관계를 묘사하는데 이용될 수 있는 것이 밝혀졌다.

본 연구에서는 교합면 인기 재료를 사용하여 촬영한(registered) 방사선 사진 쌍과 특별한 고정 없이 촬영한(non-registered) 방사선 사진 쌍을 이용하여 투사적 규격화 과정을 적용한 후 디지털 공제 방사선 사진을 제작하여 이들 영상의 표준편차(standard deviation, SD)를 계측해 봄으로써 투사적 규격화가 기계적 규격화를 대치할 수 있는지를 조사하였다. 또한 공제술 과정에서 수동 중첩(manual superimposition)을 이용한 것과 투사적 규격화 과정 후 자동 중첩(automatic superimposition)을 이용한 경우에서 각각 전체 영상을 대상으로 한 것과 관심 부위를 중심으로 처리한 것의 영상의 질을 부위별로 조사하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 방사선 사진 촬영 및 현상

두개의 건조 인체 두개골 양측 하악 소구치 및 구치부를 대상으로, Rinn XCP 평행 장치를 이용하여 평행법으로 구내 표준 사진을 각각 두 번씩 반복 촬영하되, 한번은 위치 고정 없이 촬영하고 한번은 XCP 교합판에 비닐 실리콘 고무 교합면 인상재(vinyl silicone rubber impression material)인 Putty type GC Exaflex (GC, Japan)를 이용하여 교합면을 인기한 상태에서 촬영하였다. 반복 촬영의 사이에는 촬영 대상 및 교합판을 완전히 철거한 후 다시 위치시킴으로써 임상에서의 경시적 촬영 상태를 재현하였다.

사용된 필름은 Kodak Dental Film, Ektaspeed 성인용 No.2 필름으로 소구치 및 대구치부위 각각 위치 고정 없이(non-registered) 32쌍, 교합면 인기한 후(registered) 32쌍, 총 256매의 필름을 4명의 술자가 촬영하였다. 촬영 기계는 Oralix 65S (Gendex Dental Systems, Italy, 65kV, 7.5mA)이며 모든 필름은 자동현상기 (Gendex GXP, Gendex Dental Systems, Italy)로 현상하였다.

2) 디지털 영상 시스템

수동 중첩을 이용한 디지털 공제 방사선 영상

은 개인용 컴퓨터 (IBM-586)와 CCD camera (FOTOVIX, Tamron Co., Japan) 및 Imagepro II Image Processing System과 DT 2853 frame grabber (Media Cybernetics, U. S. A.)를 사용하였고, 자동 중첩의것은Emagosoftware(Oral Diagnostic Systems, Amsterdam, The Netherlands)를 사용하였다. 이들 영상은 640×480 pixels의 공간 해상도와 256 단계의 계조도를 나타내었다.

2. 연구방법

1) 비재구성 디지털 공제 방사선 사진 분석

촬영시 교합면이 인기되지 않은 방사선 사진 쌍과 인기된 사진 쌍들 각각의 공제 방사선 상을 제작하되 수동 중첩을 통하여 우선 전체적인 영상에 가장 적합한 중첩 (general area superimposition)으로 공제하여 그 영상 전체의 SD를 측정 (wide area measurement, MSP1^{N,R}, MSM1^{N,R}) 하여 두 군을 비교하였다.

다음으로는 중첩 시에 관심 해부학적 부위 즉 각각 소구치 및 대구치 부위를 중심으로 그 부위에 최선의 중첩 (local area superimposition)이 되도록 하여 공제 영상을 제작하였다. 이들 공제 영상에서 제2소구치 및 제1대구치 부위를 관심 영역 (region of interest, ROI)으로하여 각각의 SD를 측정 (ROI measurement, MSP2^{N,R}, MSM2^{N,R}) 하였고, 이들 측정치를 앞서 전체 영상에 대한 중첩으로 제작된 영상에서 동일한 관심 영역 부위에 대하여 측정한 SD (ROI measurement, MSP1-P^{N,R}, MSM1-

M^{N,R})와 비교하였다. 각 군간의 차이 검증은 paired t-test로 하였다.

2) 재구성 디지털 공제 방사선 사진 분석

동일한 방사선 사진 자료들을 이번에는 Emago 프로그램을 이용하여 기준점 확인, 재구성 및 공제를 실시하였다. 즉 각 디지털 영상 쌍에서 4개의 대응점을 확인하여 재구성 상을 만든 후 자동 중첩하여 공제 영상을 만들었다.

역시 우선은 전체 영상에 걸쳐서 대응점을 설정하여 재구성하여 공제 (general area superimposition)한 후 전체영상의 SD 측정 (wide area measurement, ASP1^{N,R}, ASM1^{N,R})과 제2소구치 및 제1대구치 부위의 SD를 측정 (ROI measurement, ASP1-P^{N,R}, ASM1-M^{N,R}) 하였고 다음은 소구치 및 대구치 부위에 국한하여 대응점을 설정하여 재구성 한 후 공제 영상들을 제작 (local area superimposition)하여 각각 미리 결정된 부위 즉 제2소구치 및 제1대구치 부위에서 만들어진 공제 영상의 SD를 측정 (ROI measurement, ASP2^{N,R}, ASM2^{N,R})하여 공제 영상 및 재구성 정도의 질적 평가를 실시하였다. 재구성의 상대적인 장점을 평가하기 위하여 재구성군과 비재구성군 간의 SD 차이에 대한 유효성을 paired t-test로 검증하였다.

III. 연구 성적

1. 비재구성 디지털 공제 방사선 사진 분석

수동 중첩을 이용하여 제작된 소구치부 전체

Table 1. The standard deviations of the non-reconstructed subtraction images, general area superimposition and wide area measurement. (average±standard deviation)

anatomic site	bite block	
	non-registered	registered
premolar area	10.2±2.7* (MSP1 ^N)	8.0±1.4* (MSP1 ^R)
molar area	10.9±2.4* (MSM1 ^N)	8.7±1.9* (MSM1 ^R)

P* < 0.05, P* < 0.005

Table 2. The standard deviations of the non-reconstructed subtraction images, non-registered and ROI measurement. (average±standard deviation)

anatomic site	superimposition	
	general area	local area
premolar area	7.9±2.2* (MSP1-P ^N)	6.6±1.3* (MSP2 ^R)
molar area	9.6±2.8 (MSM1-M ^N)	8.3±2.3 (MSM2 ^N)

p* < 0.05

Table 3. The standard deviations of the non-reconstructed subtraction images, registered and ROI measurement. (average±standard deviation)

anatomic site	superimposition	
	general area	local area
premolar area	6.3±1.4 (MSP1-P ^R)	6.1±1.4 (MSP2 ^R)
molar area	7.3±2.0 (MSM1-M ^R)	6.6±1.4 (MSM2 ^R)

영상에 대한 공제 영상의 SD의 평균 및 표준편차는 교합면 비인기군의 경우(MSP1^N)와 인기군의 경우(MSP1^R)에 각각 10.2±2.7 및 8.0±1.4였다. 동일한 조건에서의 대구치 부위의 것은 각각의 경우(MSM1^N, MSM1^R)에 10.9±2.4 및 8.7±1.9였다. 이들은 각각 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다 (p* < 0.05) (표 1).

소구치 부위에서 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(MSP1-P^N)의 평균과 표준편차는 7.9±2.2였고, 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(MSP2^N)의 평균과 표준편차는 6.6±1.3이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였다 (p* < 0.05).

대구치 부위에서 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(MSM1-M^N)의 평균과 표준편차는

9.6±2.8였고, 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(MSM2^N)의 평균과 표준편차는 8.3±2.3이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 (p > 0.05) (표 2).

소구치 부위에서 인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(MSP1-P^R)의 평균과 표준편차는 6.3±1.4였고, 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(MSP2^R)의 평균과 표준편차는 6.1±1.4이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 (p > 0.05).

대구치 부위에서 인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(MSM1-M^R)의 평균과 표준편차는 7.3±2.0였고, 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(MSM2^R)의 평균과 표준편차는 6.6±1.4

Table 4. The standard deviations of the reconstructed subtraction images, general area superimposition and wide area measurement.

(average ± standard deviation)

anatomic site	bite block	
	non-registered	registered
premolar area	14.7 ± 2.2 (ASP1 ^N)	13.9 ± 2.4 (ASP1 ^R)
molar area	15.4 ± 2.5 (ASM1 ^N)	15.1 ± 4.8 (ASM1 ^R)

Table 5. The standard deviations of the reconstructed subtraction images, non-registered and ROI measurement.

(average ± standard deviation)

anatomic site	superimposition	
	general area	local area
premolar area	11.4 ± 2.3 (ASP1-P ^N)	9.9 ± 1.4 (ASP2 ^N)
molar area	13.4 ± 2.4 (ASM1-M ^N)	12.5 ± 2.7 (ASM2 ^N)

이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$) (표3).

2. 재구성 디지털 공제 방사선 사진 분석

자동 중첩을 이용하여 제작된 소구치부 전체 영상에 대한 공제 영상의 SD의 평균 및 표준편차는 비인기군의 경우(ASP1^N)와 인기군의 경우(ASP1^R)에 각각 14.7 ± 2.2 및 13.9 ± 2.4였다. 동일한 조건에서의 대구치 부위의 것은 각각의 경우(ASM1^N, ASM1^R)에 15.4 ± 2.5 및 15.1 ± 4.8였다. 이들은 각각 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$) (표4).

소구치 부위에서 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(ASP1-P^N)의 평균과 표준편차는 11.4 ± 2.3였고, 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(ASP2^N)의 평균과 표준편차는 9.9 ± 1.4이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는

차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

대구치 부위에서 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(ASM1-M^N)의 평균과 표준편차는 13.4 ± 2.4였고, 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(ASM2^N)의 평균과 표준편차는 12.5 ± 2.7이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$) (표5).

소구치 부위에서 인기군의 경우, 전체영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(ASP1-P^R)의 평균과 표준편차는 11.1 ± 2.4였고, 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD(ASP2^R)의 평균과 표준편차는 9.8 ± 1.4이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

대구치 부위에서 인기군의 경우, 전체영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(ASM1-M^R)의 평균과 표준편차는 12.4

Table 6. The standard deviations of the reconstructed subtraction images, registered and ROI measurement.

anatomic site	superimposition	
	general area	local area
premolar area	11.1±2.4*	9.8±1.4*
	(ASP1-P ^R)	(ASP2 ^R)
molar area	12.4±2.2 ^o	10.8±2.0*
	(ASM1-M ^R)	(ASM2 ^N)

p* < 0.05, p@ < 0.05

±2.2 였고, 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정 한 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD(ASM2^R)의 평균과 표준편차는 10.8±2.0 이었으며, 이 두군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였다 (p* < 0.05) (표6).

IV. 총괄 및 고안

투사적 규격화 과정은 제한된 수의 특정 대응점만을 투사적 불변성 원리를 이용하여 기준 되는 영상(baseline image)에 대하여 그 이은 영상(follow-up image)을 재구성하는 것을 말한다²²⁻²⁴⁾. 특정점 간의 대응은 술자에 의하여 설정된다. 이전의 연구에서, 영상쌍 간의 불변성 원리가 각도 차이 32도까지에서 증명되었다²²⁾. 이것이 의미하는 바는 일반적인 임상 환경 하에서 얻어지는 사진의 재현성 정도의 수준에서도 상이 적절하게 재구성 될 수 있는 가능성이 있다는 것이다. 본 연구는 이러한 것을 관찰하기 위하여 시행되었고 그 결과들을 통해서 알 수 있는 사실들은 다음과 같다.

비재구성으로 즉 수동 중첩을 이용하여 제작된 소구치 부위 및 대구치 부위 전체영상에 대한 공제 영상의 SD는 교합면 비인기 집단과 인기 집단사이에서 모두 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다. 이것은 촬영된 방사선 사진을 다른 조작 없이 바로 공제하여 사용할 경우에는 인기군이 당연히 우수한 것을 나타내어 준다. 이것은 구내 표준 촬영 중 가장 필름을 위치 시키기가 용이한 하악 대구치 부위에서도 사실

로 나타남으로써 위치 표준화 없이 촬영되는 경우의 방사선 사진은 기하학적으로 일관성이 없으므로 디지털 공제 방사선 사진을 얻기 위해서는 최소한 교합면 인기라도 실시하여야 좋은 영상을 얻을 수 있는 것을 나타내어 준다.

소구치 부위에서 비재구성, 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정 한 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD가 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정 한 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD와 통계적으로 유의성 있는 차이를 보인 사실과 대구치 부위에서 비재구성, 비인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정 한 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD와 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정 한 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않은 사실은, 첫째 수동 중첩을 하는 경우는 관심 부위를 중점적으로 중첩함으로써 상의 개선을 도모할 수 있다는 사실과, 둘째 해부학적으로 방사선 상의 왜곡이 많이 되는 부위(여기서는 대구치 부위보다는 소구치 부위)일수록 이러한 효과를 기대할 수 있다는 것을 나타내어 준다.

소구치 부위에서 비재구성, 인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정 한 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD와 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정 한 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD 간에 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않은 것과 대구치 부위에서 비재구성, 인기군의 경우, 전체 영상을 중첩한 후 측정 한 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD와 대구치 부위를 중

심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD 간에 역시 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않은 사실은 인기군의 경우에는 해부학적 부위나 중첩의 중심부위에 상관없이 재현성이 있는 상이 만들어지는 것을 나타낸다. 즉 교합면 인기 정도의 위치 고정이라도 촬영되는 연속적인 방사선 사진은 공제하기에 적합한 좋은 상이 얻어진다는 것을 알 수 있다.

재구성 즉 자동 중첩을 이용하여 제작된 소구치부위 및 대구치부위 전체 영상의 공제 영상의 SD가 비인기군과 인기군의 경우에 각각 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내지 않은 것은 비인기된 영상이 효과적으로 재구성되어서 촬영시 인기된 영상과 유사한 좋은 상을 만들어 내었다는 것을 의미한다. 임상적인 측면에서는 사용이 제한적이었던 교합면 인기 과정이 없이도 디지털 공제 방사선 사진 촬영술이 가능하게 되어 고무적인 결과를 보여준다.

재구성, 비인기의 경우, 소구치 부위에서 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD와 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD가 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않은 것과 대구치 부위에서 전체영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD와 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD간에 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않은 사실은 재구성 영상을 만들기 위해 대응점들을 잡을 때는 해부학적 부위의 특성이나 대응점을 잡는 부위의 크기에 상관없이 유사한 영상이 만들어진다는 것을 의미한다.

재구성, 인기의 경우, 소구치 부위에서 전체 영상을 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD와 소구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제2소구치 부위의 공제 영상의 SD간에 통계적으로 유의성 있는 차이를 보인 것과 대구치 부위에서 전체영상을 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD와 대구치 부위를 중심으로 중첩한 후 측정된 제1대구치 부위의 공제 영상의 SD 간에도 통계적으로 유의성 있는 차이를 보인 사실은 재구성으로 상의 기하학적 보정을 한다고 하더라도 원래의 방사

선 사진 상이 인기된 조건에서 촬영된 표준화된 사진인 경우에는 대응점을 잡는 범위가 좁을수록 좋은 상이 만들어질 정도로 민감한 좋은 상을 만들 수 있다는 사실이다.

공제 영상 질의 평가를 위하여 현재 SD의 비교가 사용되는데 이 실험에서는 비재구성의 경우와 재구성의 경우에 프로그램 환경이 달라서 두군의 SD를 직접 비교 할 수 없었던 것이 아쉽다. 즉 전반적으로 비재구성 공제를 시행한 Imagepro-II의 영상이 SD가 낮은 영상을 보여주었고 재구성 공제를 시행한 Emago의 시스템은 8-bit 영상처리밖에 되지 않아서 전반적으로 높은 SD의 영상을 보여주었다. 그러나 실험군 간의 상대적인 비교를 통하여 저자의 의도하는 바는 충분히 실험적으로 확인할 수 있었다. 앞으로 재구성 프로그램이 더욱 개선되어 좋은 상을 만든다면 임상적으로 진단에 도움을 받을 수 있을 것으로 생각된다. 삼차원적인 투사적 규격화 과정은 영상 쌍에 있어서 4개의 대응점을 지정해 주어야 한다. 이것에 관한 세 가지 요구 사항들은 이들 특정 대응점들이 (1) 두 영상 모두에서 정확하게 지정되어야 할 것과 (2) 삼차원적으로 동일 평면을 공유(coplanar)해야 즉 단일 평면(single plane)을 형성해야 하는 것과 (3) 영상 쌍 내에서 정확하게 대응해야 한다는 것이다. 그러기에 방사선 사진상의 해부학적 구조물을 대응점으로 사용하여 왔고, 대개 백아 범랑 경계부와 근첨부가 이러한 목적으로 선택되었다. 그러나 재구성 원리의 효율을 조사하는 연구에서 해부학적 지표를 이용하는 것은 약간의 문제가 있다. 첫째로 해부학적 지표는 항상 쉽게 확인이 되는 것이 아니기에 지정시 번이를 초래한다. 두 번째로 방사선 사진상의 이들 해부학적 구조물들이 항상 삼차원에서 동일 평면상에 존재하지 않는다는 것이다. 마지막으로 해부학적 지표들은 방사선원이 물체에 대하여 상대적으로 회전하였을 때 항상 대응 관계를 유지하는 것이 아니라는 것이다. 비록 해부학적 구조물의 방사선 사진 영상이 다음 촬영된 사진 상에서 아주 유사하게 보일지라도 이들 촬영이 삼차원상에서 진실로 같은 점을 나타낸다는 것이 항상 사실이라는 가정이 성립될 수는 없다.

Chanthavilay와 Giannakopoulos²⁵⁾는 실험

을 통하여 회전 중심에 대한 물체의 위치가 공제 오류와 투사적 규격화 과정의 상대적인 수행에 주영향을 미친다는 것을 조사하였다. 그들은 투사적 규격화 과정이 공제 영상에 상당한 개선을 보일 때는 회전 중심이 물체의 바로 바깥에 있는 경우라고 하였고 물체 중심에서 발생하는 회전에 의한 공제 오류는 상대적으로 적은 양이기는 하지만 좋지 않은 결과를 나타낼 수 있는 요소가 된다고 하였다

이러한 문제점들이 개선될 수 있을지는 앞으로의 연구들을 지켜봐야 할 것이지만 현재 개발된 재구성 프로그램을 사용해 본 결과로 알 수 있는 것은 최상의 디지털 공제 방사선 사진은 기하학적 보정이 된 상태에서 촬영된 방사선 사진을 관심 부위를 중심으로 대응점을 잡아 재구성함으로써 얻어지지만, 임상에서 사용이 가능한 정도의 디지털 공제 방사선 사진은 재구성 과정만을 통해서도 얻어질 수 있다는 것이다.

V. 결 론

두개의 건조 인체 두개골 양측 하악 소구치 및 구치부를 대상으로, Rinn XCP 평행장치를 이용하여 평행법으로 구내 표준 사진을 각각 두 번씩 반복 촬영하되, 한번은 위치 고정 없이 촬영하고 한번은 XCP 교합판에 비닐 실리콘 고무 교합면 인상재를 이용하여 교합면을 인기한 상태에서 촬영한 후 비재구성과 재구성 공제 영상을 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비재구성으로 즉 수동 중첩을 이용하여 제작된 소구치 부위 및 대구치 부위 전체 영상에 대한 공제 영상의 SD는 교합면 비인기군과 인기군 사이에서 모두 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다.
2. 비재구성, 비인기군의 경우, 관심 부위를 중첩적으로 중첩함으로써 상의 개선을 도모할 수 있었으며 이것은 해부학적으로 방사선 상의 왜곡이 많이 되는 부위(여기서는 대구치 부위보다는 소구치 부위)에서 더 분명하게 나타났다.
3. 비재구성, 인기군의 경우, 해부학적 부위나 중첩의 중심 부위에 상관없이 재현성이 있는

상이 만들어진다. 즉 교합면 인기만을 시행하더라도 촬영되는 연속적인 방사선 사진은 디지털 공제 방사선 사진 촬영술에 적합하다.

4. 재구성 즉 자동 중첩을 이용하여 제작된 소구치 부위 및 대구치 부위 전체 영상에 대한 공제 영상의 SD가 비인기군의 경우와 인기군의 경우에 각각 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 즉 재구성 과정이 교합면 인기와 같은 기계적 규격화 과정을 대치할 수 있다.
5. 재구성, 비인기군의 경우, 재구성 영상을 만들기 위해 대응점을 잡을 때는 해부학적 부위의 특성이나 대응점을 잡는 부위의 크기에 상관없이 유사한 영상이 만들어진다.
6. 재구성, 인기군의 경우, 재구성으로 상의 기하학적 보정을 한다고 하더라도 원래의 방사선 사진 상이 인기된 조건에서 촬영된 표준화된 사진인 경우에는 대응점을 잡는 범위가 좁을 수록 더 좋은 상을 얻을 수 있다.

참고 문헌

1. Grondahl HG, Grondahl K, Webber RL: A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 55:96, 1983.
2. Grondahl HG, Grondahl K: Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. *J Oral Surg*, 55:208, 1983.
3. Bragger U: Digital imaging in periodontal radiography. *J Clin Periodontol*, 15:551, 1988.
4. 조봉혜, 나경수: 규격화된 구내표준 방사선사진의 계수 공제 방사선학적 평가. *치과방사선*, 23:125, 1993.
5. 손영순, 조봉혜, 나경수: 방사선 사진을 이용한 계수영상의 판독능에 관한 실험적 연구. *치과방사선*, 24:305, 1994.
6. Grondahl K, Grondahl HG, Webber RL: Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. *J Clin Periodontol*, 11:411, 1984.
7. Jeffcoat MK, Reddy MS, Webber RL, Williams RC, Ruttimann UE: Extra-oral control of geometry for digital subtraction radiography. *J Periodont Res*, 22:396, 1987.
8. Rudolph DJ, White SC: Film-holding instruments for intraoral subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 65:767, 1988.
9. Ludlow JB, Peleaux CP: Comparison of stent versus laser-and cephalostat-aligned periapical film-positioning techniques for use in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 77:208, 1994.
10. Allen KM, Hausmann E, Kutlubay ME, Loza J, Carprio LC, Ortman L, Wobschall D: Studies of the angular reproducibility of positioning patients adjacent to an x-ray tube:1. Stent-rod based and extra-oral systems. *J Periodont Res*, 29:174, 1994.
11. Hausmann E, Kutlubay ME, Odrobina D, Allen KM, Loza J, Ortman L, et al: Studies on the angular reproducibility of positioning patients adjacent to an x-ray tube:2. A new electronically guided, force-sensitive sensor based alignment system. *J Periodont Res*, 30:294, 1995.
12. Webber RL, Ruttimann UE, Gronenhuis RAJ: Computer correction of projective distortions in dental radiographs. *J Dent Res*, 63:1032, 1984.
13. Wenzel A: Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, 18:145, 1989.
14. Ettinger GJ, Gordon GG, Goodson JM, Socransky SS, Williams R: Development of automated registration algorithms for subtraction radiography. *J Clin Periodontol*, 21:540, 1994.
15. Samarabandu J, Allen KM, Hausmann E, Acharya R: Algorithm for the automated alignment of radiographs for image subtraction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 77:75, 1994.
16. Reddy MS, Jeffcoat M: Digital subtraction radiography. *Dent Clin North Am* 4:553, 1993.
17. Vandre RH, Webber RL: Future trends in dental radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 80:471, 1995.
18. van der Stelt PF, Ruttimann UE, Webber RL: Determination of projections for subtraction radiography based on image similarity measurements. *Dentomaxillofac Radiol*, 18:113, 1989.
19. Dunn SM, van der Stelt PF, Ponce A, Fenesy K, Shah S: A comparison of two registration techniques for digital subtraction radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, 22:77, 1993.
20. Webber RL, Horton RA, Underhill TE, Ludlow JB, Tyndall DA: Comparison of film, direct digital, and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 81:480, 1996.
21. Webber RL, Horton RA, Tyndall DA, Ludlow JB: Tuned-aperture computed tomography (TACTTM): Theory and application for three-dimensional dento-alveolar imaging. *Dentomaxillofac Radiol*, 26:53, 1997.
22. Dunn SM, van der Stelt PF: Recognizing invariant geometric structure in dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, 21:142, 1992.
23. Ostuni J, Fisher E, van der Stelt P, Dunn S: Registration of dental radiographs using projective geometry. *Dentomaxillofac Radiol*, 22:199, 1993.
24. Fisher E, van der Stelt PF, Ostuni J, Dunn SM: The effect of independent film and object rotation on projective geometric standardization of dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, 24:5, 1995.
25. Chanthavilay AMD, Giannakopoulos K: The effect of object motion on the performance of projective standardization. *Advances in Maxillofacial Imaging IADFR/CMI' 97*, p315, Elsevier Science B.V., 1997.

Evaluation of mechanical and projective standardization in digital subtraction radiography

Bong-In Choi, Bong-Hae Cho, Kyung-Soo Nah

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

The following conclusions were obtained from the non-reconstructed and reconstructed subtraction images of the standard intraoral radiographs which were taken with paralleling technique with Rinn XCP only and with occlusal bite registration for geometric standardization using bilateral mandibular premolar and molar regions of two dry human skulls.

1. The SD of the overall subtraction images of the premolars and molars of the non-reconstructed, that is, the manual superimposition showed statistically significant difference between the non-registered and registered groups.
2. In non-reconstructed and non-registered cases, the quality of the subtraction images were improved when superimposition was focally done and this was more evident in areas where the radiographic images tend to be distorted due to anatomic reasons.
3. In non-reconstructed and registered cases, the subtraction images were consistent regardless of the anatomic site or the focus of superimposition. This means that the geometric standardization with only occlusal bite registration could produce serial radiographs which is suitable for subtraction.
4. The SD of the overall subtraction images of the premolars and molars of the reconstructed, that is, the automatic superimposition showed statistically insignificant difference between the non-registered and registered groups. This means that using reconstruction, subtraction radiography is possible without occlusal bite registration.
5. In reconstructed and non-registered cases, compatible quality of the subtraction images were obtained regardless of the anatomic site or area of the corresponding points.
6. In reconstructed and registered cases, best subtraction images whose quality showed sensitivity to the areas of corresponding points were obtained.