



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

맞춤형 지대주를 이용한 단일 구치부
임플란트 고정성 보철물에서
출현 윤곽이 임플란트 주위 협/설측
연조직의 형태에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치 의 학 과

백 승 원

맞춤형 지대주를 이용한 단일 구치부
임플란트 고정성 보철물에서
출현 윤곽이 임플란트 주위 협/설측
연조직의 형태에 미치는 영향

지도교수 김 선 재

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024 년 6 월

연세대학교 대학원

치 의 학 과

백 승 원

백승원의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원_____ 허 중 기 _____ 인

심사위원_____ 김 선 재 _____ 인

심사위원_____ 표 세 욱 _____ 인

연세대학교 대학원

2024 년 6 월

감사의 글

논문을 작성하면서 다방면으로 많은 조언과 지도를 해주신 허종기 교수님, 김선재 교수님, 장재승 교수님 그리고 표세욱 교수님께 가장 먼저 감사드립니다. 전공의 생활을 하면서 부족한 부분도 많고 힘든 점도 많았지만, 세분의 교수님의 많은 가르침으로 어려운 시기를 극복할 수 있었던 것 같습니다. 특히 보철과 전공의 생활을 하면서는 과장님으로서, 그리고 석사 연구를 진행하면서는 저의 지도 교수님으로서 많은 학문적인 가르침을 주시고 치과의사로서 나아가야 할 방향에 대해 많은 조언을 해주신 김선재 교수님께 다시 한번 감사드립니다. 바쁘신 와중에 항상 제자를 위해 가르침 주시고 열정적으로 환자를 치료하시는 모습을 보면서 3년간 많은 것을 배웠습니다. 석사를 졸업하고 전공의 수련기간을 마치고 나가도 교수님 앞으로 부끄럽지 않은 제자가 되도록 노력하고 공부하는 제자가 되기 위해 최선을 다하겠습니다. 그리고 제가 졸업한 강남세브란스 병원을 가슴 한켠에 언제나 간직하고 강남세브란스 병원이라는 명성에 걸맞는 보철과 전문의가 되도록 하겠습니다. 마지막으로 석사 학위를 하는 기간에 물심양면으로 많은 도움을 주신 부모님께도 감사의 말씀을 드립니다. 고등학교에 졸업하고 학부 기간, 석사 학위 기간 동안에 많은 지원을 아끼지 않은 부모님 덕에 석사 학위를 마칠 수 있었습니다. 감사합니다. 그 밖에 논문을 작성하면서 조언과 가르침을 주신 많은 분들에게 다시 한번 감사의 인사를 드립니다.

2024 년 6 월

저자 씀

차 례

표 차례	iii
그림 차례	iv
국문 요약	v
제 1장 서론	1
제 2장 재료 및 방법	8
2.1. 연구 대상자 모집	8
2.2. Inclusion criteria	8
2.3. Exclusion criteria	9
2.4. 환자 정보의 획득	9
2.5. 스캔 자료의 획득	10
2.6. 측정 및 분석	10
2.7. 통계 분석	19
제 3장 결과	20
3.1. Demographic data	20
3.2. 추적 관찰 기간 및 치조정 주위 골 소실량	20
3.3. 악궁, 치아의 종류 및 보철물 장착 후 기간이 연조직 형태에 미치는 영향 ...	21
3.4. 보철물의 형태와 연조직 형태 사이의 연관성	23
3.4.1. 보철물의 면적 비율과 연조직의 높이	23
3.4.2. 보철물의 면적 비율과 연조직의 폭	23

3.4.3. 연조직의 높이에 따른 임계 면적 비율과 임계 출현 윤곽	27
3.4.4. 연조직의 폭에 따른 임계 면적 비율과 임계 출현 윤곽	28
3.4.5. 연조직의 폭과 높이의 관계	32
3.4.6. 보철물의 면적 비율과 W/H ratio의 관계	32
제 4장 고찰	34
제 5장 결론	39
참고문헌	40
영문요약 (Abstract)	45

표 차례

Table 1. Demographic characteristics.....	20
Table 2. Correlation of soft tissue phenotype with arch, tooth type, and follow-up period	22
Table 3. Correlation between crown ratio and soft tissue height	25
Table 4. Correlation between crown ratio and soft tissue width	25
Table 5. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue height	29
Table 6. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue width	29
Table 7. Correlation between soft tissue width, height, crown ratio and width/height ratio.....	32

그림 차례

Figure 1. Emergence angle and profile angle·····	7
Figure 2. Peri-implant soft tissue phenotype·····	7
Figure 3. Superimposition of scan files ·····	11
Figure 4. Geometric references ·····	12
Figure 5. Measurement of profile angle and length ·····	15
Figure 6. Area calculation ·····	17
Figure 7. Correlation between crown ratio and soft tissue height ·····	26
Figure 8. Correlation between crown ratio and soft tissue width ·····	26
Figure 9. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue height·····	30
Figure 10. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue width·····	31
Figure 11. Correlation between soft tissue width and height·····	33
Figure 12. Correlation between crown ratio and width/height ratio·····	33

국 문 요 약

맞춤형 지대주를 이용한 단일 구치부 임플란트 고정성 보철물에서 출현 윤곽이 임플란트 주위 협/설측 연조직의 형태에 미치는 영향

오늘날 맞춤형 지대주의 사용이 증대됨에 따라 임플란트 보철물의 적절한 치은 관통부 형태에 대한 관심과 중요성은 날로 부각되고 있으나 이에 대한 명확한 가이드라인이 확립되어 있지 않다. 최근 임플란트 보철물의 형태와 임플란트 주위 조직의 상관관계에 대하여 많은 연구들이 보고되고 있으나, 주로 근/원심에서 치은 관통부의 형태와 변연골 흡수량과의 관계에 대한 것이 대부분이다. 본 연구에서는 3차원 디지털 스캔 기술을 활용하여 맞춤형 지대주를 이용한 임플란트 보철물의 협/설측 치은 관통부 형태가 임플란트 주위 연조직의 형태에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

총 58개의 맞춤형 지대주를 이용한 단일 구치부 임플란트 고정성 보철물을 대상으로 해당 임플란트 보철물이 속한 악궁, 치식 그리고 보철물 장착 후 추적 관찰기간을 조사하였다. 또한 보철물 장착 후 최소 1년이 지난 시점에서 구강 및 보철물의 디지털 스캔을 시행한 뒤 연조직의 폭과 높이, 보철물의 폭과 profile angle을 측정하였다. 임플란트 플랫폼 치관측 2mm에 해당하는 구역을 분석 구간으로 설정하여 구간 내에서 연조직과 보철물이 차지하는 비율을 계산하였고, 연조직의

형태(높이, 폭 등)와 악궁, 치식, 보철물 장착 후 주적 기간과의 상관 관계를 통계적으로 분석하였다. 최종적으로 특정 연조직의 높이와 폭에 대한 보철물의 면적과 profile angle에 대한 cut-off 값을 구하여 임계 면적 비율과 임계 profile angle을 역산하였다.

분석 결과, 협/설측 모두에서 상/하악 악궁에 따라 연조직의 폭의 유의미한 차이가 관찰되었다. 1mm 단위로 설정한 각 구간 내에서 보철물이 차지하는 비율이 커질수록 연조직의 폭과 높이가 감소하는 경향을 보였으며, 그 영향력은 치관측으로 갈수록 더 컸다. 다만, 보철물이 차지하는 비율과 연조직의 폭/높이 비율(width/height ratio)은 통계적으로 연관성이 없었다. 연조직의 높이를 2mm로 유지하기 위해서는 $34.8^{\circ}\sim 81.3^{\circ}$, 3mm로 유지하기 위해서는 $16.6^{\circ}\sim 59.0^{\circ}$, 4mm로 유지하기 위해서는 $6.0^{\circ}\sim 36.1^{\circ}$ 로 임계 profile angle이 산출되었다. 한편, 연조직의 폭을 2mm 이상 유지하기 위한 임계 profile angle은 $31.0^{\circ}\sim 50.4^{\circ}$ 로 산출되었다.

본 연구의 결과에 따르면, 보철물의 치은 연하부의 형태와 임플란트 주위 연조직의 높이와 폭은 유의한 상관관계가 있었다. 특히, 변연 치은 측에 가까운 보철물의 형태가 임플란트 플랫폼 쪽의 형태보다 주위 연조직의 기하학적 형상에 더 큰 영향을 미쳤다. 보철물의 profile angle을 주어진 연조직의 폭과 높이에 따라 제시된 임계값 이내로 설정한다면 안정적인 임플란트 주위 연조직을 유지하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

핵심이 되는 말: 임플란트 주위 연조직 형태, 맞춤형 지대주, 출현 윤곽, profile angle

제 1장 서론

출현 윤곽(emergence profile)이라고 함은 Stein & Kuwata 등에 의하여 처음 제안된 용어로 자연치에서 치아나 크라운이 연조직을 통과해 근/원심 측으로는 인접치와의 접촉점까지, 협/설측으로는 최대 풍융부까지 이르는 모양으로 정의된다. 한편 임플란트에서는 임플란트 플랫폼에서부터 시작되는 지대주와 크라운 복합체의 형태, 치은 관통부의 형태 또는 임플란트 주위 연조직의 형태라고 볼 수 있다.¹

자연치에서 출현 윤곽의 중요성은 오래 전부터 많은 연구에 의해 보고된 바 있고, 주변 치주 조직의 상태에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.² 올바른 형태로 제작된 보철물은 아무런 문제를 일으키지 않지만, 과풍융된 보철물은 치태 침착을 일으켜 치은염 및 치주염의 원인이 될 수 있다.^{3, 4} 여기서 과풍융한 보철물의 기준은 수복 전 건전한 자연치의 고유한 형태보다 큰 것이라고 볼 수 있었다.⁵

임플란트에서도 마찬가지로 출현 윤곽은 기능, 심미 뿐만 아니라 임플란트 주위 조직의 상태에 영향을 미친다.⁶ 출현 윤곽을 설정하는 기준은 발치 전 자연치와 동일하게 하는 것이 가장 이상적이며, 특히 심미적인 부위에서는 그 중요성이 더욱 강조된다.⁷ 임플란트 보철물을 적절한 형태로 수복하고자 하는 목적은 기능적인 것과 심미적인 것으로 나눌 수 있다. 기능적인 측면에서, 보철물의 형태는 임플란트 주위염 및 임플란트 주위 점막염을 유발시켜서는 안되며 다른 기계적인 합병증들을 방지할 수 있어야 한다. 한편, 심미적인 측면에서는 치은 변연의 높이를 주변 치아와 조화롭게 하고 치간 유두의 소실을 막으며 치조골의 풍융한 형태를 보존할 수 있어야 한

다.⁸

그러나, 임플란트 보철물의 출현 윤곽을 자연치와 동일하게 제작하는 데에는 많은 어려움이 따른다. 그 대표적인 이유로는 임플란트 식립 예정 부위가 온전치 못할 경우가 많기 때문이다. 임플란트 식립 예정 부위는 태생적인 결손치 등으로 인하여 골의 폭이 좁거나 순측 함요가 존재할 수도 있지만, 대부분 병적으로 발치 전/후에 많은 경조직 및 연조직의 결손이 발생하기 때문이다.⁹ 제한적인 환경에서 임플란트를 위치시키는 경우, 임플란트의 위치는 수직적, 수평적 그리고 각도의 측면에서 다양해질 수 있다.¹⁰ 또한 임플란트는 형태적으로도 직경이 치근보다 작을 뿐만 아니라 모양도 타원이 아닌 원형이기 때문에 치은 연하부의 기하학적인 형태는 자연치와 동일할 수 없다.² 따라서 임플란트 보철물의 출현 윤곽은 임플란트의 위치와 가용한 연조직의 양에 따라 많은 변형이 일어날 수 있다.¹¹

임플란트 보철물이 주변 조직에 미치는 영향에 대해서는 여러가지 측면에서 보고된 바 있다. 과거에는 주로 보철적인 선택에 따른 영향을 중점으로 고려하였는데, 나사유지형(screw-retained)과 시멘트유지형(cement-retained) 임플란트에 의한 차이 혹은 골수준(bone level)과 조직수준(tissue level) 임플란트에 의한 차이 등이 그 예이다.¹²

그러나, 보철물의 형태가 주변 조직에 영향을 미치는 것에 대한 연구는 드물었다. 심지어, 환자의 개별적인 상황에 맞게 형태를 조절할 수 있는 맞춤형 지대주(CAD/CAM abutment)에 관한 연구조차도 기성 지대주(stock abutment)와의 비교를 통한 기계적인 혹은 생물학적 합병증에 관한 연구가 주를 이루었다. 그동안 구치부에서는 저작력을 많이 받고 상대적으로 심미적인 요구도가 낮다는 이유로 저렴한

고 효율적이며 안정성이 우수한 기성 지대주가 주로 사용되었지만, 미리 정해진 원통형의 형태 때문에 출현 윤곽을 조정하지 못하여 연조직을 충분히 지지하지 못한다는 치명적인 단점이 있었다.¹³ 반면, 맞춤형 지대주는 앞서 언급한 바와 같이 환자 개별의 연조직 형태에 맞도록 제작할 수 있어 충분한 연조직 지지를 제공할 수 있어 심미적이다.¹⁴ 또한 시멘트 제거가 용이하고 청소성이 뛰어나 생물학적으로도 이점이 있으며¹⁵ 나사 풀림, 미세 동요도, 적합성 및 동적 하중에 대해서도 기성 지대주와 비교하여 차이가 없어 기계적으로도 우수하기 때문에 구치부에서도 용이하게 사용된다.¹⁶

출현 윤곽이 임플란트 주위조직에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 전치부에서 이루어졌다. Su 등은 보철물의 치은 연하부를 critical/subcritical contour로 구분하여 적절한 치은의 외형을 형성하기 위한 보철물 형태의 중요성을 강조하였다.¹¹ 또한 Gomez-Meda 등은 임플란트의 생물학적 폭경을 고려하여 치은 연하부를 E/B/C zone으로 분류하였고, 임플란트 주위 연조직의 형태와 E/B zone의 중요성을 강조한 바 있다. 다시 말해, 해당 부위의 풍융도(convexity)를 조절함으로써 치은 변연의 위치를 조절하고 연조직 두께에 대한 보상을 할 수 있다고 주장하였다.¹⁷ 이러한 내용을 바탕으로 임플란트의 위치에 따른 보철물 형태에 대한 가이드라인이 제시되었으나^{10, 18}, 볼록 또는 오목 등의 애매한 표현으로 제시되어 있고 추후 연조직의 변화를 예측하기는 매우 어려워 반드시 임시 보철물을 통한 치은 외형의 형성(gingival molding) 과정이 필수적으로 수반되었다.⁶

Katafuchi 등과 Yi등이 출현 윤곽이 볼록(convex)하고 출현 각도(emergence angle 또는 total angle)가 30°를 넘을 때 임플란트 주위염의 유병율이 증가한다는

것을 제시하면서 처음으로 보철물의 디자인에 대한 정량화가 시도되었고, 구치부에서도 치은 관통부의 형태가 주목을 받기 시작했다.^{19, 20} 이후 Han 등은 profile angle의 개념을 제시하여, 맞춤형 지대주를 사용하는 경우 임플란트 platform 상방 2mm 이내에서는 각도가 20°~30°를 넘지 않을 때 치조골 소실이 유의미하게 감소한다고 제시한 바 있다.²¹ (Figure 1)

구치부에서 임플란트 보철물의 치은 관통부 형태는 주변 치조골 뿐만 아니라 연조직의 형태에도 영향을 미칠 수 있다. 이를 평가하기 위해서는 연조직의 형태적 특성인 표현형(soft tissue phenotype)에 대한 이해가 필요하며 연조직의 두께(mucosal thickness), 연조직의 높이(vertical height) 그리고 폭/높이 비율(width/height ratio) 등으로 나타낼 수 있다.²² 연조직의 두께에 대하여 Thoma D. 와 Lops D. 등은 2mm를 기준으로 두껍고 얇음을 구분할 수 있고, Avila-Oritz 등은 최소 2mm의 두께가 필요하다고 제시하였다.^{23,24} 연조직의 높이에 대해서 Linkevicius 등은 골흡수 방지를 위한 연조직의 최소 두께를 2mm로 제시한 반면²⁵, Chan D 등은 3mm가 넘어가면 오히려 임플란트 주위 점막염의 유병율을 증가시킬 수 있다고 하였다.²⁶ 또한 연조직의 높이와 두께 사이에는 일정한 비율이 존재한다고 알려진 바 있다. Wennström 등은 자연치에서 연조직의 두께와 높이는 1 : 1.5의 비율을 갖는다고 주장하였는데²⁷, Nozawa 등에 따르면 임플란트에서는 반대로 두께와 높이가 1.5 : 1의 비율을 갖는다고 하였다.²⁸ (Figure 2)

그럼에도 불구하고 보철물의 형태가 주위 연조직에 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 이유는 측정 수단의 한계에 기인한다고 볼 수 있다. 기존의 연구들은 대부분

치근단 방사선 사진을 이용한 2차원적 방사선학적 계측을 기반으로 하였기 때문에 경조직의 변화와 근/원심 측에 대한 분석이 주를 이루었다. 그러나 최근 들어, 디지털 기술의 발달로 인한 구강 스캐너의 도입으로 연조직을 다방면에서 분석하는 것이 가능해졌다. 실제로 Rungtanakiat 등과 Wang 등은 구강 스캐너를 이용한 3차원적 분석을 통하여, 근/원심 뿐만 아니라 협/설 측에서도 보철물의 형태가 임플란트 주위 조직의 상태에 미치는 영향을 연구한 바 있다.^{29, 30}

구치부에서 보철물의 치은 관통부 형태와 연조직의 상관관계에 대한 연구의 필요성은 심미성이 중요시되던 전치부에서와는 다르게 기능적인 이유가 더 부각된다. 근/원심측 치간 유두의 소실은 식편압입의 증가와 상관관계가 있다고 보고된 바 있다.³¹ 더불어 보철물의 치은 관통부 형태는 치은/치태 지수, 탐침 후 출혈 등의 구강위생관리 및 청소성 등에도 영향을 미친다.³² 협/설측에서의 치은 변연의 높이는 세균 등의 외부자극에 대한 몸의 방어기전을 의미하는 생물학적 폭경과 관계가 있다. 임플란트 주위조직에서 생물학적 폭경이란 임플란트 주위 연조직의 최상단으로부터 첫번째 골-임플란트 접촉부 (first bone to implant contact)까지의 거리이며, 자연치와 조직학적 구성은 비슷하나 4mm정도로 더 크다.³³ 또한 주행 섬유의 방향이 자연치에서는 치주인대섬유가 백악질에 수직으로 Sharpey's fiber를 통하여 단단히 고정되어있는 반면, 임플란트에서는 임플란트의 장축에 평행하고 둘레 방향으로 주행하여 다소 약한 결합을 하고 있다.³⁴

이처럼 구치부에서도 안정적인 연조직의 형태를 유지하는 것이 중요한 것을 알 수 있다. 형태학 및 조직학적 특성을 바탕으로 보철물 설계를 위한 보다 정량적인 가이

드라인을 제시한다면, 보다 예지성 있는 임플란트 치료가 가능할 것이다. 본 연구에서는 디지털 스캐닝 기술을 이용하여, 협/설측에서 임플란트 보철물의 치은 관통부 형태와 안정된 상태의 연조직을 기하학적으로 계측하여 연관성을 조사하고자 한다. 더 나아가, 협/설측에서 안정된 연조직 형성을 위한 보철물의 크기와 profile angle의 정량적인 수치를 제시하고자 하였다. 귀무가설은 '협/설측에서 맞춤형 지대주를 이용한 구치부 단일 임플란트 보철물의 치은 연하부 형태와 임플란트 주위 연조직의 형태학적 특성은 연관성이 없다.' 로 설정하였다.

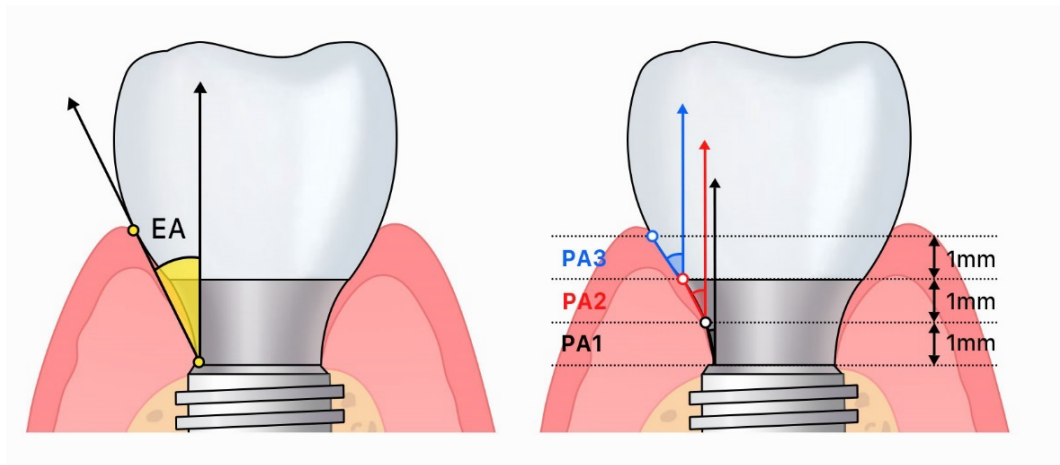


Figure 1. Emergence angle and Profile angle. Left; Emergence angle, first proposed by Katafuchi et al. (In this paper, named as Total angle.). Right; Profile angle, first proposed by Han et al.

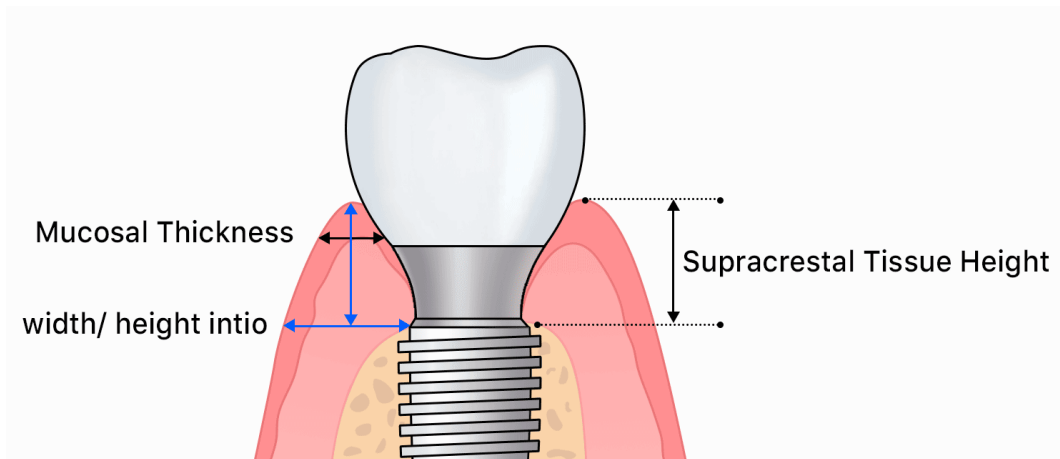


Figure 2. Peri-implant tissue phenotype. This figure includes only the aspects related to soft tissue as presented in the paper by Avila-Ortiz et al.²²

제 2장 재료 및 방법

2.1. 연구 대상자 모집

본 연구는 2023년 11월에서 2024년 3월까지 강남세브란스병원 치과보철과 및 구강악안면외과에 내원한 환자 중에서 맞춤형 지대주(CAD/CAM abutment)를 이용한 구치부 단일 임플란트 수복 치료를 받은 환자를 대상으로 하였다. 본 연구의 자료의 수집 및 처리, 그리고 연구 설계에 걸친 전반적인 사항에 관하여 강남세브란스 병원 기관윤리심의위원회의 승인을 얻은 후 시행하였다 (IRB File Number: 3-2024-0022).

2.2. Inclusion criteria

상, 하악 구치부 단일 결손 부위에 강남세브란스 치과병원 구강악안면외과 혹은 치과보철과에서 내측 연결형 임플란트 (IT; warantec, IU; warantec, Implantium; dentium, Anyone; Megagen)를 식립하고 맞춤형 지대주를 연결하여 SCRP (Screw & Cement Retained Prosthesis) type으로 보철 수복한 경우를 연구 대상에 포함시켰다.

안정된 연조직 상태를 갖는 대상만을 선별하기 위해서 최종 보철물 장착 후 최소 1년 이상 추적 관찰을 시행한 경우만을 선택하였고, 치근단 방사선 사진 분석을 시행

하여 보철물 장착 당시와 가장 최근에 촬영한 사진에서 근/원심 치조골 흡수가 1mm 이내로 일어난 경우만을 포함시켰다. 또한 경조직에 의한 영향을 배제하기 위하여, 치근단 방사선 촬영 사진 상에서 임플란트 고정체의 플랫폼의 위치가 치조정과 동일하거나 상방에 존재하는 경우만을 포함시켰다.

2.3. Exclusion Criteria

결손 부위가 전치부에 해당하는 경우, CAD-CAM 지대주를 사용하지 않고 기성 지대주 등을 사용한 경우, 구강 스캔이 불가능한 경우, 단일 임플란트 고정성 보철이 아닌 경우, 임플란트 보철물에 심한 결손부가 관찰되는 경우, Screw type의 보철물인 경우, Cement type의 보철물로 탈거할 수 없는 경우, 최종 보철물 장착 후 1년 미만인 경우, 임플란트 플랫폼의 위치가 치조정 하방인 경우, 심한 임플란트 주위염 또는 임플란트 주위 점막염이 관찰되는 경우, 가벼운 부종 및 탐침 시 출혈을 제외한 기타 심한 연조직 질환이 관찰되는 경우, 최종 보철물 장착 후 1mm 이상의 치조골 소실이 관찰되는 경우에는 연구 대상에서 제외하였다.

2.4. 환자 정보의 획득

전자 기록 상에서 환자의 이름, 등록번호, 치식, 보철물 장착 날짜, 임플란트 종류를 찾아 데이터 수집을 위한 프로그램 (Excel; Microsoft)에 기록하였다.

2.5. 스캔 자료의 획득

최종 보철물 장착 후 최소 1년 이상 경과관찰을 시행한 뒤, 환자가 정기 검진을 위한 내원하였을 때 분석 대상이 되는 임플란트 보철물이 포함된 편측 악궁을 구강 스캐너(Trios 3; 3 Shape)를 이용하여 스캔하였다. (Figure 3A) 구강 내 스캔을 완료한 후, 보철물을 탈거한 뒤 초음파 세척기로 세척하여 이물질이 없도록 소독한 뒤에 임플란트 아날로그에 연결하여 구강 외에서 스캔을 시행하였다. (Figure 3B)

2.6. 측정 및 분석

측정 및 분석은 STL(Stereo Lithography) file format을 이용한 3차원적 분석이 가능한 CAD software program (Geomagic control X; 3D systems) 상에서 진행하였다. 측정 및 분석은 1명의 치과보철과 전공의가 시행하였고, 신뢰성을 평가하기 위해 Intraoperator Intraclass Correlation Coefficient (ICC)를 이원 혼합 효과 모델 (two-way mixed-effects model)을 사용하여 SPSS 소프트웨어로 계산하였으며, Intraoperator ICC는 0.87 (95% 신뢰 구간: 0.75 ~ 0.93)로 높은 일관성을 보였다.

2.6.1. 스캔 파일의 중첩

구강 내 스캔파일과 보철물 스캔파일의 중첩은 랜드마크 기반 중첩 방법을 이용하였다. 랜드마크의 설정은 보철물의 열구, 소와 또는 탈착을 위한 볼 어태치먼트 등의 명확하게 두드러진 점들을 이용하였으며, 어느 한쪽으로 치우치지 않도록 협/설측에 골고루 배치하였다. 랜드마크 설정 후 소프트웨어 상에서 매칭 및 정렬과 중첩의 최적화 과정을 시행하였다. (Figure 3C)

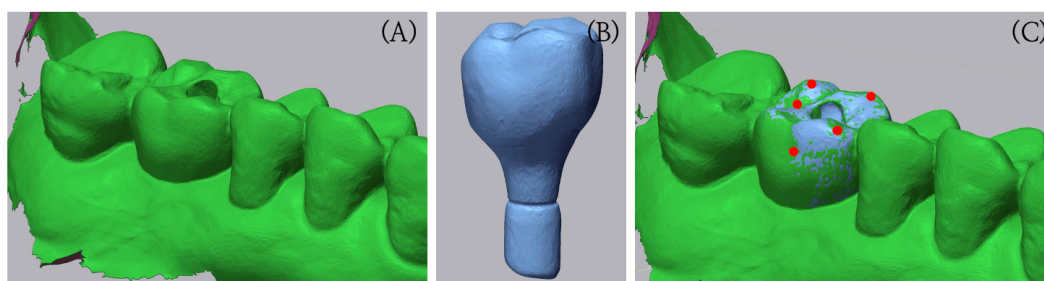


Figure 3. Geometric references. (A) Intraoral scanning with prosthesis in place, (B) Extraoral scanning of prosthesis connected to implant analog, (C) Superimposition of scan files.

2.6.2. 분석을 위한 기준 설정

2.6.2.1. 기준 축 및 평면의 설정

임플란트의 장축은 임플란트 아날로그의 장축과 동일하게 설정하였다. 그 다음 임플란트의 장축을 지나고 인접치아의 중심구를 잇는 선과 수직하면서 보철물을 협/설 방향으로 관통하는 평면을 설정하였다. 설정한 평면에 의하여 구강 내 스캔파일 및 보철물 스캔파일에 형성되는 단면을 구하고, 각각의 단면에 대하여 최외곽을 연결하

는 보철물의 커브(Cr)와 연조직의 커브(Ct)를 구한다. 임플란트의 장축을 법선으로 하고 임플란트 플랫폼을 가로지르는 평면을 기준 수평평면(P_0)으로 설정하고, 장축을 따라 치관측으로 1mm 간격을 유지하며 2개의 추가적인 수평평면(P_1 , P_2)을 설정하였다. 평면 $P_0 \sim P_2$ 에 의해 1mm 간격으로 분할되는 총 2개의 구간을 각각 $I_{0 \sim 1}$, $I_{1 \sim 2}$ 으로 정의하였다. (Figure 4A)

2.6.2.2. 기준 점 및 선의 설정

연조직의 커브(C_t)와 각 수평평면(P_0 , P_1 , P_2)과의 교점을 차례대로 p_0 , p_1 , p_2 라고 정의하였고, 보철물의 커브(C_r)와 각 수평평면(P_0 , P_1 , P_2)과의 교점을 차례대로 p'_0 , p'_1 , p'_2 라고 정의하였다. 보철물의 커브(C_r)와 연조직의 커브(C_t)의 교점 중에서 연조직의 최상방에 해당하는 점을 p_{crest} 로 정의한다. (Figure 4B)

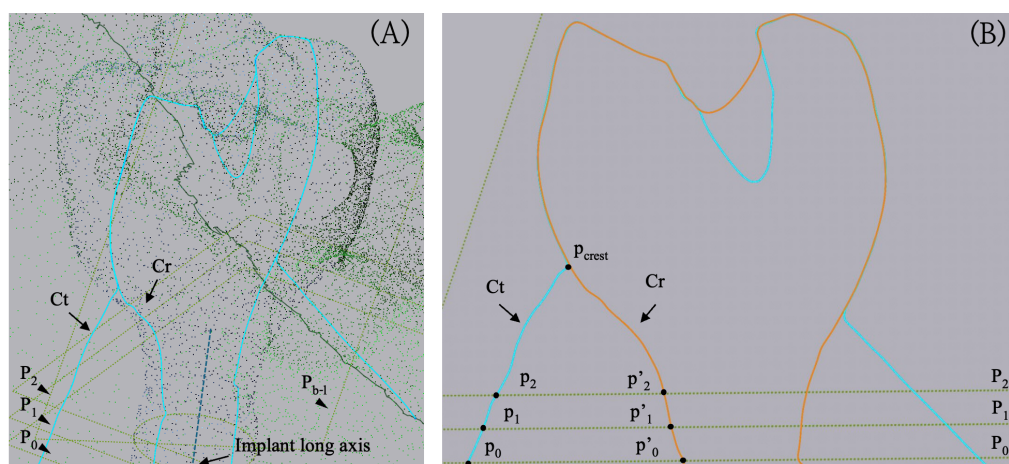


Figure 4. Geometric references. (A) Axis and planes, (B) Points and lines.

2.6.3. 측정

설정한 기준 선 및 점을 바탕으로 각각의 표본에 대하여 Profile angle, 크라운의 폭(C), 연조직의 폭(W), 연조직의 높이(H)를 헵/설측에서 측정하였다.

2.6.3.1. 각도의 측정

점 p'_0 과 p'_2 를 잇는 직선과 임플란트의 장축이 이루는 각도를 Total profile angle (θ_0)로 정의하였다. 또한 구간 $I_{0\sim1}$ 에서 점 p'_0 과 p'_1 를 잇는 직선과 임플란트의 장축이 이루는 각도를 구간 $I_{0\sim1}$ 에서의 Sectional profile angle (θ_1)으로 정의하였다. 마찬가지로 구간 $I_{1\sim2}$ 에서 점 p'_1 과 p'_2 를 잇는 직선과 임플란트의 장축이 이루는 각도를 구간 $I_{1\sim2}$ 에서의 Sectional profile angle (θ_2)으로 정의하였다. (Figure 5A)

2.6.3.2. 길이의 측정

- W_0 : 임플란트 플랫폼 수준에서 연조직의 폭, 점 p'_0 과 p_0 사이의 거리

- W_1 : 임플란트 플랫폼 기준 1mm 상방에서 연조직의 폭, 점 p'_1 와 p_1 사이의 거리
- W_2 : 임플란트 플랫폼 기준 2mm 상방에서 연조직의 폭, 점 p'_2 와 p_2 사이의 거리
- C_1 : 임플란트 플랫폼 기준 1mm 상방에서 보철물의 폭, 점 p'_1 에서 L_h 까지의 거리
- C_2 : 임플란트 플랫폼 기준 2mm 상방에서 보철물의 폭, 점 p'_2 에서 L_h 까지의 거리
- H : 임플란트 플랫폼 수준에서 치은의 최상방까지의 거리 (Tissue height), 점 p_{crest} 에서 평면 P_0 까지의 거리 (**Figure 5B**)

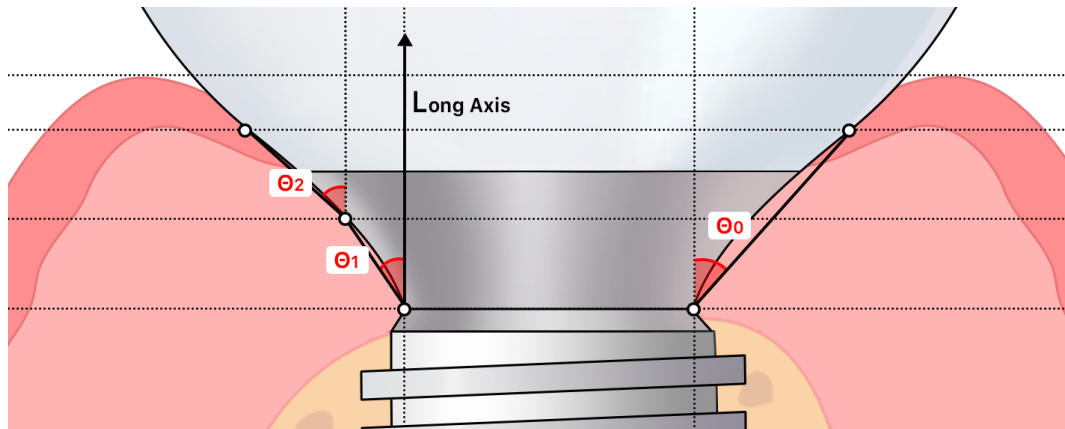


Figure 5A. Profile angle. θ_0 : Profile angle in interval I_{0-2} ; θ_1 : Profile angle in interval I_{0-1} ; θ_2 : Profile angle in interval I_{1-2} .

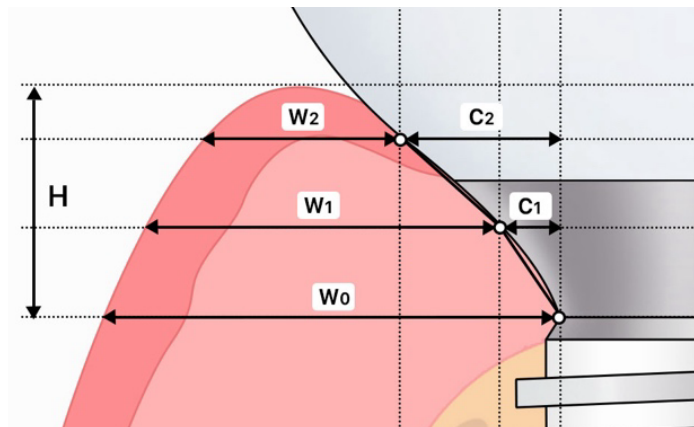


Figure 5B. Length measurement. W_0 : Soft tissue width at implant platform level; W_1 : Soft tissue width at 1mm above implant platform; W_2 : Soft tissue width at 2mm above implant platform; C_1 : Crown width at 1mm above implant platform; C_2 : Crown width at 2mm above implant platform; H : Soft tissue height.

2.6.4 분석

측정된 각도와 길이를 바탕으로 분석 단면 상에서의 보철물 및 연조직의 면적(A), 보철물 면적 비율(CR), 연조직의 폭/높이 비율(width/height ratio) 그리고 임계 보철물 면적 비율 및 임계 profile angle을 계산하였다.

2.6.4.1. 면적 계산

분석 구간을 수직적으로는 1mm 간격으로, 수평적으로는 보철물과 연조직으로 구분하여 측정된 길이를 바탕으로 다음과 같이 면적을 계산하였다. (Figure 6)

- A_1 : 구간 I_{0-1} 에서 연조직의 면적, $(W_0 + W_1)/2$
- A_2 : 구간 I_{1-2} 에서 연조직의 면적, $(W_1 + W_2)/2$
- A'_1 : 구간 I_{0-1} 에서 보철물의 면적, $C_1/2$
- A'_2 : 구간 I_{1-2} 에서 보철물의 면적, $(C_1 + C_2)/2$
- A_c : 구간 I_{0-2} 에서 보철물의 면적, $A'_1 + A'_2$
- A_t : 구간 I_{0-2} 에서 연조직의 면적, $A_1 + A_2$
- A_w : 구간 I_{0-2} 에서 연조직과 보철물 면적의 합, $A_c + A_t$

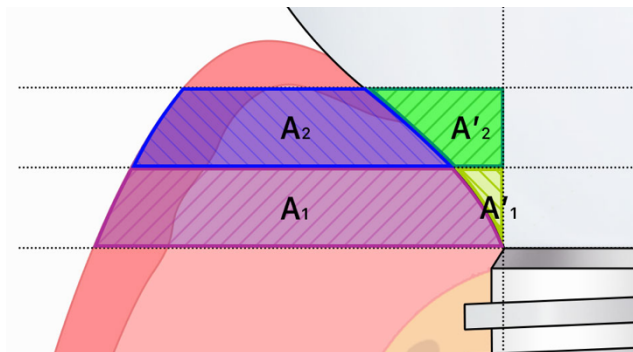


Figure 6. Area calculation. A_1 : Area of soft tissue in interval I_{0-1} ; A_2 : Area of soft tissue in interval I_{1-2} ; A'_1 : Area of crown in interval I_{0-1} ; A'_2 : Area of crown in interval I_{1-2}

2.6.5. 비율 관계

임플란트 플랫폼 수준에서의 연조직 높이에 대한 연조직 폭의 비율을 다음과 같이 정의하였다.

- 폭/높이 비율 (Width/Height ratio, W/H) : W_0/H

또한 분석 구간 내에서 보철물이 차지하는 면적 비율(crown ratio, CR)을 아래와 같이 구하였다. (단위: %)

- CR_1 : 구간 I_{0-1} 에서 보철물이 차지하는 비율, $A'_1/(A'_1 + A_1)$
- CR_2 : 구간 I_{1-2} 에서 보철물이 차지하는 비율, $A'_2/(A'_2 + A_2)$
- CR_w : 구간 I_{0-2} 에서 보철물이 차지하는 비율, A_c/A_w

2.6.6. 출현 윤곽 (Profile angle)의 역산

면적 비율(CR)이 주어졌을 때, 삼각함수를 이용하여 profile angle을 구간별로 아래와 같이 역산할 수 있다.

- 전체 출현 윤곽 (Whole profile angle, θ_0)

$$\theta_0 = \tan^{-1} \left(\frac{CR_w (W_0 + W_2)}{2(1 - CR_w)} \right)$$

- 구간별 출현 윤곽 (Sectional profile angle, $\theta_{1 \text{ or } 2}$)

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{CR_1 (W_0 + W_1)}{1 - CR_1} \right)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{CR_2 (W_1 + W_2) - 2(1 - CR_2) \tan \theta_1}{1 - CR_2} \right)$$

2.7. 통계 분석

측정한 값은 데이터 수집을 위한 프로그램 (Excel; Microsoft)에 기록하였다. 악궁(상/하악), 치아의 종류(소구치/대구치), 보철물 장착 후 기간(년), 보철물이 차지하는 면적(CR_1 , CR_2 , CR_w)에 따른 연조직의 높이(H), 연조직의 폭(W_0 , W_1 , W_2), Width/Height ratio (W/H) (이하 연조직 형태 지수)의 연관성을 통계적 검정을 바탕으로 분석하고자 하였다.

악궁(상/하악), 치아의 종류(소구치/대구치)에 따른 연조직 형태 지수의 통계적인 차이가 있는지를 분석하기 위하여 평균, 표준편차를 제시하고 Independent t-test를 실시하였다. 또한 보철물 장착 후 기간과 연조직 형태 지수의 연관성을 알아보기 위해 Pearson's correlation analysis를 실시하였다.

연조직의 폭(W_0)과 연조직의 높이(H), 그리고 보철물이 차지하는 면적(CR_w)과 Width/Height ratio (W/H)의 연관성을 분석하기 위하여 Pearson's correlation analysis를 시행하였다. 다음으로, 보철물이 차지하는 면적(CR_1 , CR_2 , CR_w)과 연조직의 높이(H)와 폭(W)과의 연관성을 파악하기 위하여 Pearson's correlation analysis를 시행하였고, Z-test를 시행하여 연관성의 정도를 비교하였다. 또한, 특정 연조직의 높이와 폭에 대하여 보철물 면적의 cut-off 값을 Youden's Index 및 Chi-square test를 이용하여 산출하였다.

모든 통계분석은 95% 신뢰도를 기준으로 평가하였으며, 분석 도구로는 SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA), R statistics 4.3.2가 사용되었다.

제 3장 결과

3.1. Demographic data

총 58개의 보철물은 위치하는 악궁에 따라 상악 25개, 하악 33개, 임플란트의 위치에 따라 소구치 7개, 대구치 51개로 분포하여 있었다. 임플란트의 제조사에 따라서는 11개의 IT, 35개의 IU, 9개의 Implantium 그리고 3개의 Anyone으로 분포하였다.

(Table 1)

Table 1. Demographic characteristics

Characteristics		Number	Characteristics		Number
Arch	Maxilla	25	Implant type	IT	11
	Mandible	33		IU	35
Implant location	Premolar	7	Implantium		9
	Molar	51		Anyone	3

Note. IT : 11° octagonal internal connection; IU, Implantium, Anyone : 7° internal connection.

3.2 추적 관찰 기간 및 치조정 주위 골 소실량

보철물 장착 후 기간은 최소 1년에서 최대 9년까지 존재하였으며 평균 5.19년(표준

편차 2.495)이었다. 최종 보철물 장착 시점과 가장 최근 시점에서 치근단 방사선 상의 치조골 소실량을 측정한 결과 근심 측에서 평균 0.04mm (표준편차 0.159), 원심 측에서 0.02mm (표준편차 0.124)로 나타났다.

3.3. 악궁, 치아의 종류 및 보철물 장착 후 기간이 연조직의 형태에 미치는 영향

협측의 경우, 악궁에 따라서 연조직의 폭(W_1 , W_2)이 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. ($p < 0.05$) 소구치/대구치 여부에 따라서는 모든 연조직 형태 지수에 대하여 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. ($p > 0.05$) 보철물 장착 후 기간의 경우 모든 연조직 형태 지수에 대해 유의한 상관성을 보이지 않았다. ($p > 0.05$). (Table 2A)

설측의 경우, 상악/하악 여부 따라서 W_1 , W_2 , W/H 가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. ($p < 0.05$) 소구치/대구치 여부 및 보철물 장착 후 기간에 따라서는 모든 연조직 형태 지수에 대하여 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. ($p > 0.05$) (Table 2B)

Table 2A. Correlation of soft tissue phenotype with arch, tooth type, and follow-up period (Buccal)

Variable	Total (N=58)	Tooth			Arch			Delivery	
		소구치(0) (N=7)	대구치(1) (N=51)	p-value	하악(0) (N=32)	상악(1) (N=26)	p-value	r (95% CI)	p-value
Height	3,129±1.14	3,529±1,138	3,075±1,151	0.3314	2,884±1,03	3,431±1,22	0.0714	-0.044(-0.299-0.217)	0.7431
W1	3,572±1.82	4,115±1,346	3,491±1,881	0.4033	2,862±1.60	4,395±1.73	0.0014*	-0.158(-0.407-0.116)	0.2543
W2	2,505±1.71	3,056±1,361	2,411±1,766	0.4005	1,791±1.44	3,122±1.71	0.0112*	0.054(-0.258-0.355)	0.7381
W/H	1,479±0.37	1,350±0.377	1,499±0.374	0.3323	1,447±0.41	1,517±0.32	0.5003	-0.232(-0.469-0.041)	0.0918

Table 2B. Correlation of soft tissue phenotype with arch, tooth type, and follow-up period (Lingual)

Variable	Total (N=51)	Tooth			Arch			Delivery	
		소구치(0) (N=7)	대구치(1) (N=44)	p-value	하악(0) (N=27)	상악(1) (N=24)	p-value	r (95% CI)	p-value
Height	3,763±1.04	3,914±1.196	3,739±1,024	0.6818	3,585±1,045	3,963±1,014	0.1979	0.121(-0.161-0.383)	0.3996
W1	4,494±2.29	4,359±1,645	4,516±2,396	0.8691	3,483±1,213	5,632±2,689	0.0011*	-0.025(-0.299-0.252)	0.8604
W2	2,942±2.09	2,994±1,828	2,934±2,155	0.9449	2,137±1,467	3,848±2,345	0.0039*	-0.024(-0.298-0.253)	0.8665
W/H	1,344±0.37	1,458±0,410	1,323±0,367	0.383	1,180±0,232	1,541±0,418	0.0018	-0.146(-0.423-0.159)	0.346

Note for table 2A & 2B. Height: Soft tissue height; W₁: Soft tissue width at 1mm above implant platform; W₂: Soft tissue width at 2mm above implant platform; W/H: Width-Height ratio, Soft tissue width at platform level divided by Soft tissue height. Significance testing was confirmed by independent t test and Pearson's correlation analysis. * Statistically significant difference.

3.4. 보철물의 형태와 연조직 형태 사이의 연관성

3.4.1. 보철물의 면적 비율과 연조직의 높이

협측에서 CR_w 과 H 는 $r=-0.756$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 구간을 나누어 보았을 때, CR_1 과 H 는 $r=-0.654$ ($p<0.05$), CR_2 와 H 는 $r=-0.790$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 또한 CR_1-H 와 CR_2-H 의 상관관계의 정도를 비교하였을 때, 유의미한 차이가 있는 것을 알 수 있으며 ($p<0.05$), 이에 따라 CR_2-H 가 더 강한 음의 상관관계를 보였다.

설측에서도 CR_w 과 H 는 $r=-0.685$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 구간을 나누어 보았을 때, CR_1 과 H 는 $r=-0.426$ ($p<0.05$), CR_2 와 H 는 $r=-0.731$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 또한 CR_1-H 와 CR_2-H 의 상관관계의 정도를 비교하였을 때, 유의미한 차이가 있는 것을 알 수 있으며 ($p<0.05$), 이에 따라 CR_2-H 가 더 강한 음의 상관관계를 보였다. (Table 3 & Figure 7)

3.4.2. 보철물의 면적 비율과 연조직의 폭

협측에서 CR_w 과 W_2 는 유의미한 음의 상관관계를 보였다. ($r=-0.704$, $p<0.05$). 구간을 나누어 보았을 때, CR_1 과 W_1 는 $r=-0.666$ ($p<0.05$), CR_2 와 W_2 는 $r=-0.873$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 또한 CR_1-W_1 과 CR_2-W_2 의 상관관계의 정도를 비교하였을 때, 유의미한 차이가 있는 것을 알 수 있으며 ($p<0.05$), 이에

따라 CR₂-W₂가 더 강한 음의 상관관계를 보였다.

설측에서도 CR_W과 W₂는 유의미한 음의 상관관계를 보였다 ($r=-0.678$, $p<0.05$). 구간을 나누어 보았을 때, CR₁과 W₁는 $r=-0.346$ ($p<0.05$), CR₂와 W₂는 $r=-0.719$ ($p<0.05$)로 유의미한 음의 상관관계를 보였다. 또한 협측에서 CR₁-W₁의 연관성과 CR₂-W₂의 연관성을 비교하였을 때, 유의미한 차이가 있는 것을 알 수 있으며 ($p<0.05$), 이에 따라 CR₂-W₂의 연관성 ($r=-0.719$)이 유의미하게 더 크다고 할 수 있다. (Table 4 & Figure 8)

Table 3. Correlation between crown ratio(CR) and soft tissue height

Variable	Buccal					Palatal				
	Height		Correlation Comparison			Height		Correlation Comparison		
	r (95% CI)	p-value	CR1	CR2	CRW	r (95% CI)	p-value	CR1	CR2	CRW
CR1	-0.654 (-0.782--0.464)	<.0001*				-0.426(-0.632--0.153)	0.0026*			
CR2	-0.790 (-0.871--0.658)	<.0001*	0.0002*			-0.731(-0.839--0.557)	<.0001*	<.0001*		
CRW	-0.756 (-0.850--0.608)	<.0001*	<.0001*	0.0136*		-0.685(-0.810--0.490)	<.0001*	<.0001*	0.0002*	

Table 4. Correlation between crown ratio(CR) and soft tissue width

Variable	Buccal				Palatal			
	W1		W2		W1		W2	
	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value
CR1	-0.666 (-0.790--0.480)	<.0001*	-0.653(-0.797--0.425)	<.0001*	-0.346 (-0.573--0.062)	0.0166*	-0.472 (-0.666--0.209)	0.0007*
CR2	-0.826 (-0.894--0.713)	<.0001*	-0.873(-0.929--0.769)	<.0001*	-0.547 (-0.718--0.302)	<.0001*	-0.719 (-0.832--0.539)	<.0001*
CRW	-0.785 (-0.868--0.651)	<.0001*	-0.849(-0.915--0.728)	<.0001*	-0.508 (-0.691--0.253)	0.0002*	-0.678 (-0.805--0.480)	<.0001*

Note for table 3 & 4. CR₁: Crown ratio at interval 0~1mm; CR₂: Crown ratio at interval 1~2mm, CR_W: Crown ratio at interval 0~2mm; W₁: Soft tissue width at 1mm above implant platform; W₂: Soft tissue width at 2mm above implant platform. Significance testing was confirmed by Pearson's correlation analysis and Z-test. * Statistically significant difference.

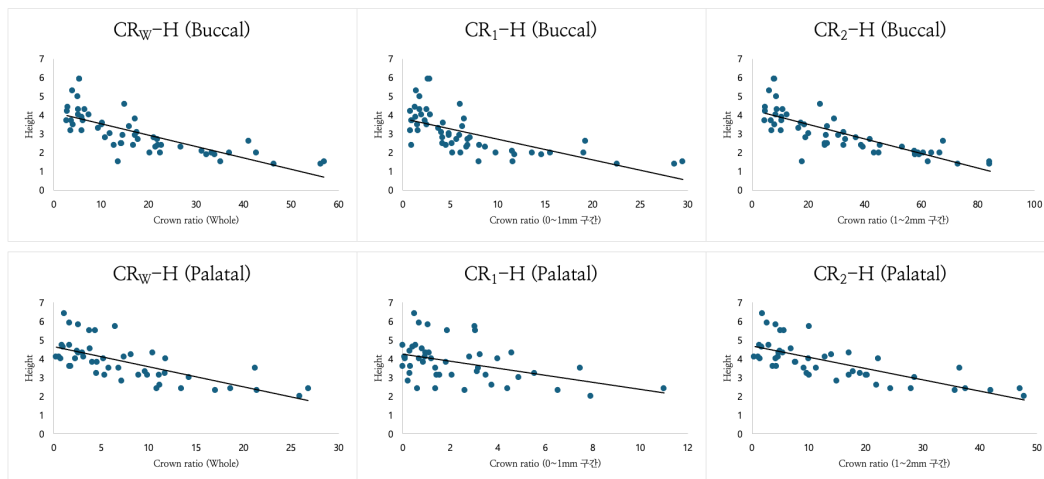


Figure 7. Correlation between crown ratio and soft tissue height

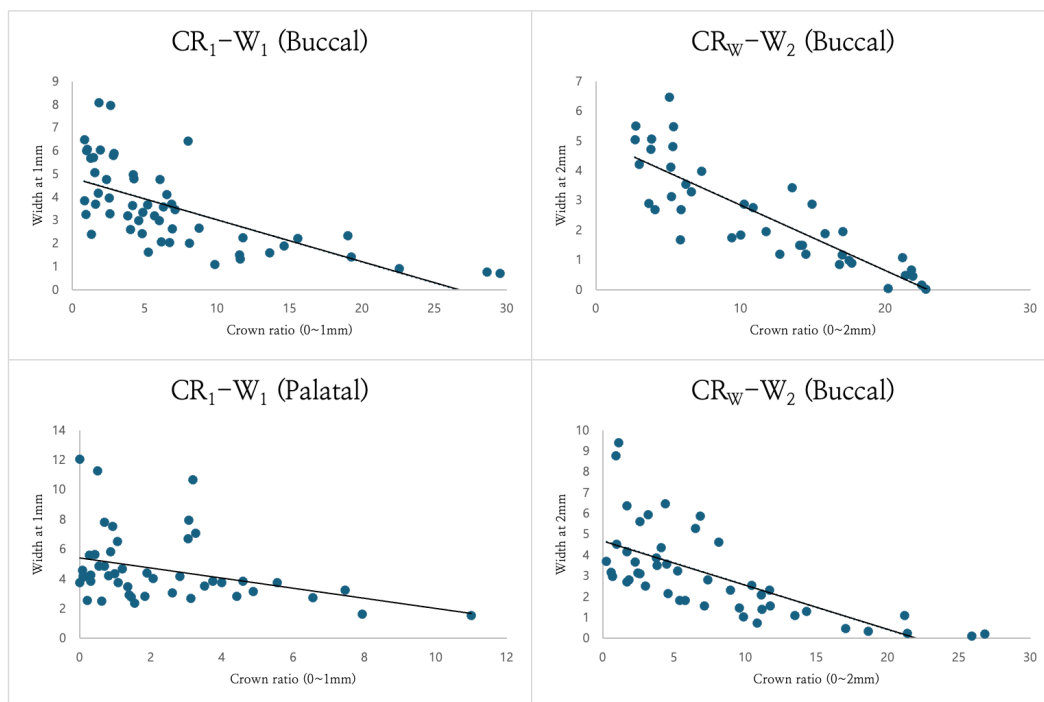


Figure 8. Correlation between crown ratio and soft tissue width

3.4.3. 연조직의 높이에 따른 임계 면적 비율과 임계 출현 윤곽

협측에서 연조직의 높이가 2mm, 3mm, 4mm일 때 CR_w의 cut off value는 각각 31%, 12%, 8%로 산출되었다. 마찬가지로 CR₁의 cut off value는 각각 8%, 4%, 3%로, CR₂의 cut off value는 각각 57%, 25%, 14%로 산출되었다. 이를 profile angle로 환산하면 연조직의 높이를 2mm, 3mm, 4mm 확보하기 위한 θ_0 는 각각 66°, 41°, 30°로 산출되었다. 마찬가지로 θ_1 은 각각 35°, 18°, 14°로, θ_2 은 각각 82°, 59°, 36°로 산출되었다. (Table 5 & Figure 9A)

설측에서 연조직의 높이가 3mm, 4mm일 때 CR_w의 cut off value는 각각 10.6%, 4.4%로 산출되었다. 마찬가지로 CR₁의 cut off value는 각각 3.6%, 1.3%로, CR₂의 cut off value는 각각 21%, 7.3%로 산출되었다. 이를 profile angle로 환산하면 연조직의 높이를 3mm, 4mm 확보하기 위한 θ_0 은 각각 37.89°, 17.90°로 산출되었다. 마찬가지로 θ_1 은 각각 16.6°, 6°로, θ_2 은 각각 52.35°, 20.16°로 산출되었다. 다만, 설측에서는 연조직의 높이가 2mm 이하에 해당되는 표본이 없어, 연조직의 높이가 2mm에 해당하는 cut-off 산출은 제외하였다. (Table 5 & Figure 9B)

3.4.4. 연조직의 폭에 따른 임계 면적 비율과 임계 출현 윤곽

협측에서 연조직의 두께가 2mm일 때, CR_w 의 cut off value는 11%로 산출되었다. 마찬가지로 CR_1 의 cut off value는 9%, CR_2 의 cut off value는 25%로 산출되었다. 이를 profile angle로 환산하면 연조직의 두께를 2mm 확보하기 위한 θ_0 은 38.9° , θ_1 은 38.4° , θ_2 는 50.4° 로 산출되었다. (Table 6 & Figure 10A)

설측에서 연조직의 두께가 2mm일 때 CR_w 의 cut off value는 9%로 산출되었다. 마찬가지로 CR_1 의 cut off value는 7%, CR_2 의 cut off value는 20%로 산출되었다. 이를 profile angle로 환산하면 연조직의 두께를 2mm 확보하기 위한 θ_0 은 33.4° , θ_1 은 31.0° , θ_2 는 42.0° 로 산출되었다. (Table 6 & Figure 10B)

Table 5. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue height

Buccal			
Soft tissue height	$cCR_w(c\theta_0)$	$cCR_1(c\theta_1)$	$cCR_2(c\theta_2)$
H = 2mm	31% (66.3°)	8% (34.8°)	57% (81.3°)
H = 3mm	12% (41.4°)	4% (18.4°)	25% (59.0°)
H = 4mm	8% (30.4°)	3% (13.9°)	14% (36.1°)
Palatal (Lingual)			
Soft tissue height	$cCR_w(c\theta_0)$	$cCR_1(c\theta_1)$	$cCR_2(c\theta_2)$
H = 3mm	11% (37.9°)	4% (16.6°)	21% (52.4°)
H = 4mm	4% (17.9°)	1% (6.0°)	7% (20.2°)

Note. H: Soft tissue height; cCR_w : critical crown ratio at interval 0~2mm; cCR_1 : critical crown ratio at interval 0~1mm; cCR_2 : critical crown ratio at interval 1~2mm; $c\theta_w$: critical profile angle at interval 0~2mm; $c\theta_1$: critical profile angle at interval 0~1mm; $c\theta_2$: critical profile angle at interval 1~2mm. Cut-off value was calculated using Youden's index.

Table 6. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue width

W = 2mm	$cCR_w(c\theta_0)$	$cCR_1(c\theta_1)$	$cCR_2(c\theta_2)$
Buccal	11% (38.9°)	9% (38.4°)	25% (50.4°)
Lingual	9% (33.4°)	7% (31.0°)	20% (42.0°)

Note. W: Soft tissue width at platform level; cCR_w : critical crown ratio at interval 0~2mm; cCR_1 : critical crown ratio at interval 0~1mm; cCR_2 : critical crown ratio at interval 1~2mm; $c\theta_w$: critical profile angle at interval 0~2mm; $c\theta_1$: critical profile angle at interval 0~1mm; $c\theta_2$: critical profile angle at interval 1~2mm. Cut-off value was calculated using Youden's index.

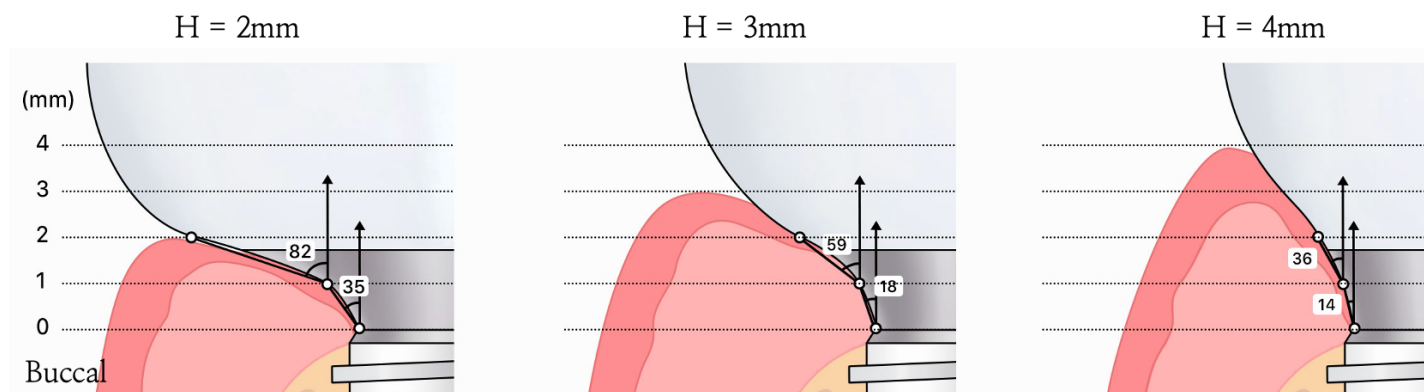


Figure 9A. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue height in Buccal aspects

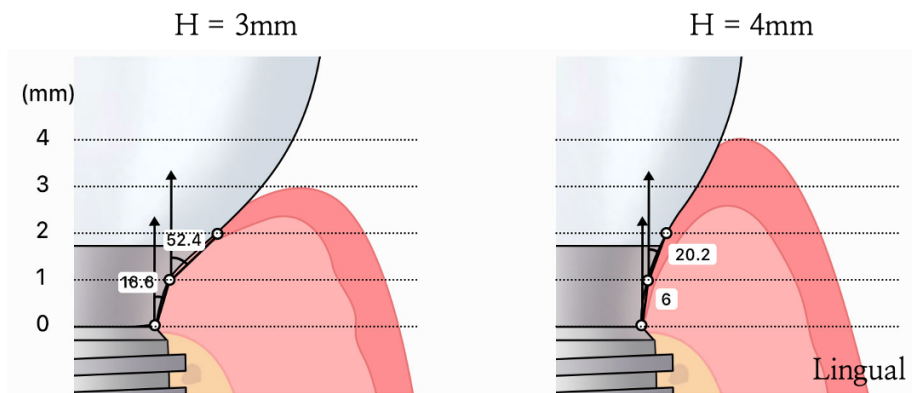


Figure 9B. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue height in Lingual aspects

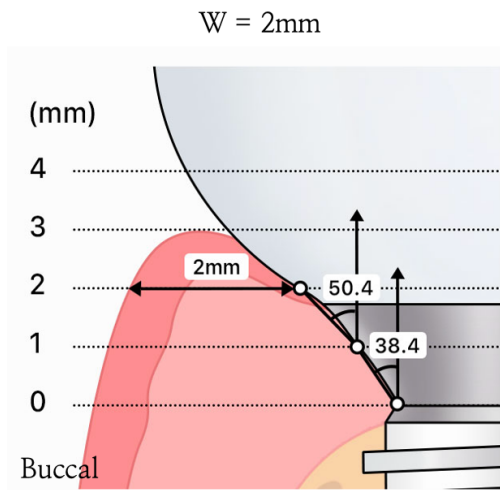


Figure 10A. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue width in Buccal aspects

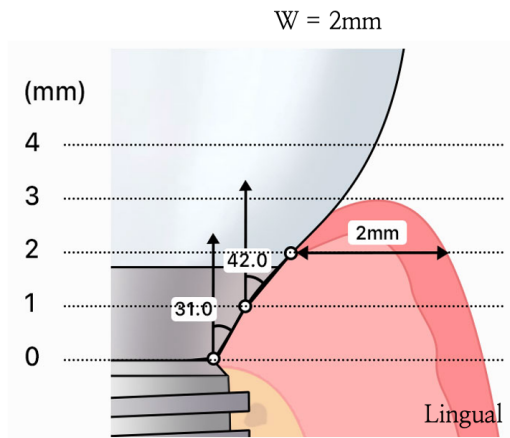


Figure 10B. Critical crown ratio & critical profile angle as a function of soft tissue width in Lingual aspects

3.4.5. 연조직의 폭(W)과 높이(H)의 관계

협측에서 연조직의 기저부 폭(W_0)과 높이 사이에는 통계적으로 유의미한 양의 상관관계가 있었고 ($r=0.726$, $p<0.05$), 설측에서도 동일한 결과를 보였다 ($r=0.686$, $p<0.05$). 그래프와 선형 회귀 분석에 따르면 협/설측 모두에서 기저부의 폭이 클수록 높이도 큰 경향을 나타냈고, 협측에서 그 정도가 더욱 컸다. (Table 7 & Figure 11)

3.4.6. 보철물의 면적 비율과 W/H ratio의 관계

Width/Height ratio (W/H)의 평균값은 협측에서 1.48, 설측에서 1.37로 측정되었다. 반면, 보철물이 차지하는 면적과 Width/Height ratio (W/H)는 통계적으로 유의미한 상관관계가 없었다. (Table 7 & Figure 12)

Table 7. Correlation between soft tissue width, height, crown ratio and width/height ratio

Data	Buccal				Palatal			
	Height		W/H		Height		W/H	
	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value	r (95% CI)	p-value
W_0	0.726* (0.564-0.830)	<.0001			0.686* (0.494-0.809)	<.0001		
CRW			0.182 (-0.091-0.428)	0.1878			0.043 (-0.258-0.335)	0.7838

Note. W_0 : Soft tissue height; CRW: Crown ratio at interval 0~2mm; Height: Soft tissue height; W/H: Width-Height ratio, Soft tissue width at platform level divided by Soft tissue height. Significance testing was confirmed by Pearson's correlation analysis. * Statistically significant difference.

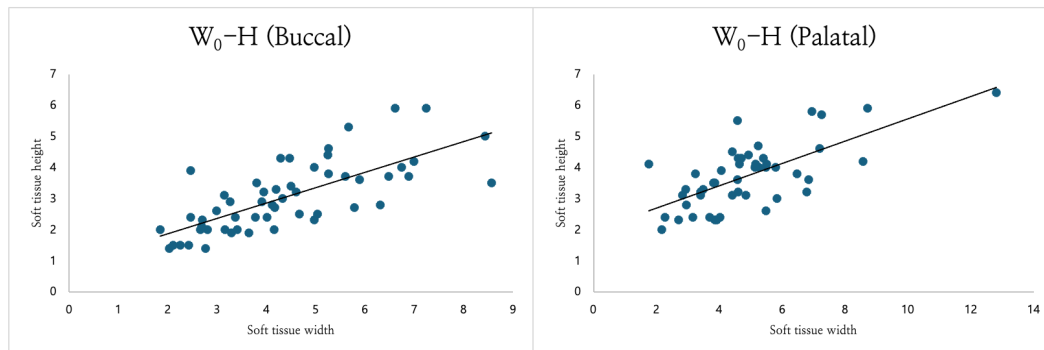


Figure 11. Correlation between soft tissue width and height

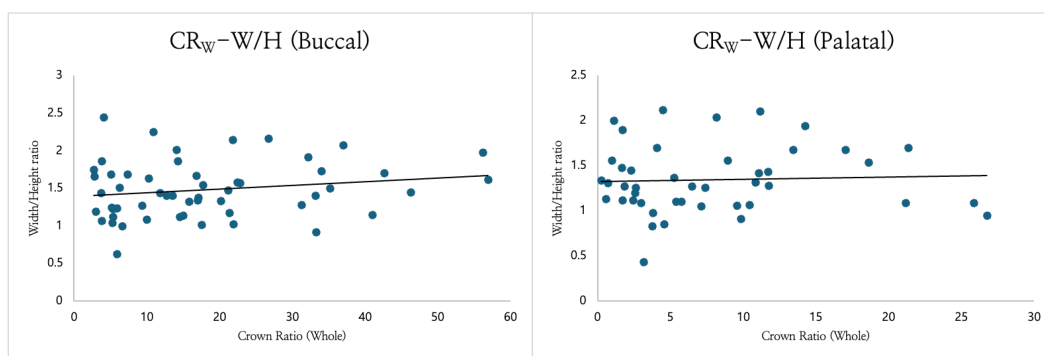


Figure 12. Correlation between crown ratio and width/height ratio

제 4장 고찰

본 연구의 결과를 통해 협/설측에서 임플란트 보철물의 치은 연하부 형태가 임플란트 주위 연조직의 형태학적 특성에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 기각되었다. 본 연구의 결과 중에서 가장 특징적인 것은 보철물의 형태와 연조직의 수직적, 수평적 폭 사이에는 특정한 관계가 존재하며, 이를 면적 또는 각도로서 규명하였다는 것이다.

결과 해석에 앞서, 본 연구에서는 보철물이 차지하는 면적 비율이라는 개념을 새롭게 제시하였다. Han 등²¹에 의해 제시된 profile angle의 개념은 임플란트 보철물의 치은 연하부 형태를 1mm 구간으로 나눠 세부적으로 반영할 수 있다는 장점이 있으나, 구간이 서로 독립적이기 때문에 하부 구간의 형태에 의한 효과가 반영되지 않는다는 단점이 있다. 예를 들어, 기존의 profile angle 개념에서는 서로 다른 보철물이 2~3mm 구간에서 동일한 profile angle을 갖는다면, 그 효과가 0~1mm, 1~2mm 구간의 형태와 관계없이 해석된다는 것이다. 반면, Hentenaar 등³⁵에 의한 방법은 하부 구간의 형태가 어느정도 고려된다는 장점이 있지만 각도 분석을 위한 기시점이 모두 동일하여 구간별 형태가 무시되는 단점이 있다. 따라서 profile angle을 측정하고, 이를 바탕으로 보철물의 면적을 계산한다면 두 방법의 장점만을 취할 수 있게 된다. 또한 분석 구간을 설정하고 구간 내에서 보철물이 차지하는 면적 비율을 산출함으로써, 서

로 다른 표본에서 보철물과 연조직의 관계를 일반화할 수 있었다. 다만, 기존의 방법보다 직관적이지 못하다는 단점이 있었다.

본 연구에서 또 하나의 새롭게 제시하는 개념은 임계 면적 비율 (또는 임계 profile angle)이다. 먼저 한가지 염두에 두어야 할 것은 본 연구가 연조직의 형태를 변화시키는 전향적인 연구가 아니라, 이미 안정된 연조직의 상태를 측정하였다는 것이다. 앞선 표본 선택 절차 과정에서 감염 및 염증 등의 연조직 상태가 불안정할 수 있는 경우를 모두 배제하였기 때문에, 안정화된 연조직의 높이와 두께를 형성하고 있는 경우에 한하여 보철물이 차지하는 면적 비율 (또는 profile angle)을 조사할 수 있었다. 그 결과 보철물이 차지하는 면적 비율과 연조직의 형태(연조직의 높이, 폭) 사이에는 특정 관계가 있음을 알 수 있었고, 이에 연조직의 형태를 특정하여 역으로 보철물의 형태를 제시한 것이 임계 면적 비율 (또는 임계 profile angle)이다. 본 연구의 제한적인 결과 내에서, 임계 면적 비율을 기준으로 해당 연조직의 형태를 이룰 수 있는 확률이 증가 또는 감소할 수 있었다.

보철물이 차지하는 면적이 커질 수록, 즉 보철물이 더 풍용할수록 연조직의 높이가 낮아진다는 것은 선행연구들의 결과와 일치한다. González-Martín 등은 임플란트 고정성 보철물에서 치은 변연 부위 (또는 critical contour)의 볼록함을 더 증가시키면 치은 변연이 치근침 방향으로 이동하는 것을 보여주었다.³⁶ 이러한 현상에 대하여 Souza 등은 임플란트 보철물의 치은 관통부 형태가 더 넓고 벌어질수록 연조직의 높이가 감소하고 생물학적 폭경의 영향이 더 치근침 방향으로 이동하는 것을 조직학적으로 관찰하였다.³⁷ 또한 Su 등¹¹이 제시한 "critical contour"와 Gomez-Meda 등¹⁷이

제시한 "E zone"이 의미하는 바는 치은 변연으로부터 1mm 가량 하방에 해당하는 부분이 치은 변연의 위치와 형태를 결정하는데 중요하다는 것이다. 본 연구의 결과에서도 0~1mm 구간보다 1~2mm 구간에서 보철물의 크기가 연조직의 높이에 대해 연관성이 더 컸기에 이 주장을 뒷받침해주었다.

보철물이 차지하는 면적이 커질 수록 연조직의 두께 또한 감소하였는데, 이는 기하학적으로 당연한 이치에 따르는 결과일 것이다. 그러나 본 연구에서는 감소한 사실 자체보다는 증가하는 보철물의 면적 비율에 대하여 서로 다른 높이에서 감소하는 연조직 폭의 비율 차이가 발생하는 것에 초점을 두었다. 본 연구의 결과에 따르면, CR_1-W_1 그래프의 기울기보다 CR_w-W_2 의 기울기가 더 가파른 것을 볼 수 있는데, 이는 증가하는 보철물의 면적에 대하여 감소하는 연조직의 두께의 정도가 platform 상방 1mm에서 보다 상방 2mm에서 더 크다는 것을 의미한다. 이러한 현상은 하부 0~1mm 구간에서 연조직이 더욱 견고하다는 임플란트 주위 연조직의 조직학적 특성을 고려하여 설명할 수 있다. Ivanovski 등은 임플란트 주위 연조직의 조직학적인 구성에 대하여, Sulcular epithelium, Barrier epithelium, Connective tissue로 구성되어 있다고 하였으며 평균적으로 epithelium이 2mm, Connective tissue가 1mm로 구성되어 있다고 하였다.³³ 또한 Piattelli와 Rodríguez 등은 platform 상방 0~1mm 구간 내에서 connective tissue의 주행방향이 바뀌는 형상을 관찰하였으며, 이를 "O-ring"이라고 하였고 견고하며 외부자극에 대한 보호력이 더 크다고 하였다.^{38,39} 따라서, 조직학적으로 더 견고한 하부 구간이 상부 구간보다 보철물의 형태 변화에 대하여 더 잘

저항한다고 볼 수 있었다.

본 연구에서는 추가적으로 임계 면적 비율과 임계 profile angle을 제시하였다. 이는 주의해서 해석할 필요가 있는데, 연조직의 높이 또는 두께를 형성해줄 수 있는 값으로 오해하지 말아야 한다는 것이다. 임계 면적 비율과 임계 profile angle의 임상적인 의미는 주어진 Healing abutment 상태의 주어진 연조직의 폭과 높이가 있을 때, 이를 유지 또는 감소시키지 않기 위한 하나의 가이드라인이 될 수 있을 것이다. 먼저 연조직의 높이에 대한 임계값을 살펴보면, 연조직 높이가 증가할 수록 임계값이 작아진다는 것인데, 이는 앞서 논의한 바와 같이 보철물의 볼록한 정도가 커질 수록 연조직의 높이는 낮아진다는 것을 의미한다. 협측의 임계값이 설측(구개측)보다 큰 것은 임플란트의 식립이 주로 설측으로 이루어지는 경향에 의한 것으로 추측해볼 수 있다. 다음으로 연조직 두께의 임계값을 2mm로 설정한 이유는 임플란트 식립 후 1년이 경과했을 때 협측 연조직의 두께는 평균적으로 2.2mm이며⁴⁰, 여러 연구들에서 건강한 협측 연조직의 두께는 1.65mm에 이른다고 보고된 바 있기 때문이다.^{41, 42}

반면, 보철물이 차지하는 면적과 Width/Height ratio는 연관성이 없는 것으로 나타났다. 연구 결과에 따르면 협측에서 Width/Height ratio의 평균값은 1.48:1, 설측에서는 1.37:1로 측정되었는데, 이는 Nozawa 등²⁸에 의한 연구와 어느정도 일치하는 값을 보인다. 그러나, Farronato 등은 Width/Height ratio를 1:1.19로 보고하면서 사용하는 임플란트 시스템, 연조직 두께 측정 방법, 추적 관찰 기간 등에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 다양한 값을 보일 수 있다고 하였다.⁴³ 따라서 본 연구에서도 Width/Height ratio는 보철물의 형태에 의해 일관적인 영향을 받는다고 보기 어려웠

다.

본 연구의 한계점으로는 3차원적 자료를 대상으로 하였음에도 불구하고, 2차원 단면 상에서 분석을 시행하였다는 점이다. 이는 곧 근/원심 측에 대해서 분석을 진행하지 못했다는 점과, 연조직의 부피를 측정하지 못했다는 두 가지 큰 한계점을 내포한다. 근/원심 측에서 보철물의 형태나 임플란트의 위치에 따른 치간 유두의 높이, 형태에 대한 분석을 시행할 수 있다면 임상적으로 의미있는 결과를 도출할 수 있겠으나, 명확한 분석 구간의 경계를 설정하기 어려웠기 때문에 본 연구에는 포함시키지 못했다. 또한, 부피를 측정함에 있어서도 보철물의 형태는 보고자 하는 방향에 따라 그 형태가 천차만별이었기 때문에 명확한 기준을 세우기가 어려워 본 연구에서는 제외하였다. 또 한 가지 고려하지 못했던 점은 임플란트의 수평적, 수직적 위치인데, 임플란트의 위치에 따라 분석하고자 하는 단면, 측정 길이 및 각도는 큰 영향을 받기 때문이다. 그리고 이미 안정된 연조직의 형태를 측정하였다는 점에서, 골소실이라는 지표 뿐만 아니라 탐침에 의한 출혈, 탐침 깊이, 치은 지수 등의 지표를 활용하였다면 더욱 연조직의 안정성을 보장할 수 있을 것이며, 추후의 연구에서는 보철물의 형태를 조절하면서 연조직의 변화를 관찰한다면 더욱 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

제 5장 결론

본 연구의 제한적인 결과 내에서, 협/설측에서 임플란트 보철물의 치은 관통부에 해당하는 출현 윤곽 또는 profile angle은 임플란트 주위 연조직의 높이와 폭에 영향을 미쳤다. 안정된 임플란트 주위 연조직의 높이와 폭은 보철물의 출현 윤곽이 커질수록 감소하는 경향을 보였으며, 플랫폼 상방 0~1mm 구간보다 1~2mm 구간에서의 형태에 의한 영향력이 더 컸다. 반면, 임플란트 주위 연조직의 폭/높이 비율은 출현 윤곽과 연관성이 없었다. 따라서 협/설측에서 맞춤형 지대주를 이용한 보철수복을 할 경우에는 임상적으로 주어진 연조직의 폭과 높이를 고려하여 보철물의 출현 윤곽을 설정해야 하며, 플랫폼 상방 2mm 이내에서는 임계 profile angle을 초과하지 않도록 하는 것이 안정적인 임플란트 주위 연조직을 유지하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. Stein, R.S. and M. Kuwata, A dentist and a dental technologist analyze current ceramo-metal procedures. *Dent Clin North Am*, 1977. 21(4): p. 729-49.
2. Croll, B.M., Emergence profiles in natural tooth contour. Part I: Photographic observations. *J Prosthet Dent*, 1989. 62(1): p. 4-10.
3. Becker, C.M. and W.B. Kaldahl, Current theories of crown contour, margin placement, and pontic design. 1981. *J Prosthet Dent*, 2005. 93(2): p. 107-15.
4. Yuodelis, R.A., J.D. Weaver, and S. Sapkos, Facial and lingual contours of artificial complete crown restorations and their effects on the periodontium. *J Prosthet Dent*, 1973. 29(1): p. 61-6.
5. Parkinson, C.F., Excessive crown contours facilitate endemic plaque niches. *J Prosthet Dent*, 1976. 35(4): p. 424-9.
6. Schoenbaum, T.R. and E.J. Swift, Jr., Abutment emergence contours for single-unit implants. *J Esthet Restor Dent*, 2015. 27(1): p. 1-3.
7. Neale, D. and W.W. Chee, Development of implant soft tissue emergence profile: a technique. *J Prosthet Dent*, 1994. 71(4): p. 364-8.
8. Buser, D., W. Martin, and U.C. Belser, Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004. 19 Suppl: p. 43-61.
9. Dursun, E., et al., A Comparison of Esthetic Features of Pre-existing Natural Tooth Versus Post-Implant Restoration in the Esthetic Zone: A Retrospective 12-month Follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2018. 33(4): p. 919-928.
10. Chu, S.J., et al., Restorative Emergence Profile for Single-Tooth Implants in Healthy Periodontal Patients: Clinical Guidelines and Decision-Making Strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2019. 40(1): p. 19-29.

11. Su, H., et al., Considerations of implant abutment and crown contour: critical contour and subcritical contour. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2010. 30(4): p. 335-43.
12. Vigolo, P., et al., Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 4-year prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004. 19(2): p. 260-5.
13. Priest, G., Virtual-designed and computer-milled implant abutments. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005. 63(9 Suppl 2): p. 22-32.
14. von Maltzahn, N.F., J. Holstermann, and P. Kohorst, Retention Forces between Titanium and Zirconia Components of Two-Part Implant Abutments with Different Techniques of Surface Modification. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016. 18(4): p. 735-44.
15. Dumbrigue, H.B., A.A. Abanomi, and L.L. Cheng, Techniques to minimize excess luting agent in cement-retained implant restorations. *J Prosthet Dent*, 2002. 87(1): p. 112-4.
16. Gallo, S., et al., CAD/CAM Abutments versus Stock Abutments: An Update Review. *Prosthesis*, 2022.
17. Gomez-Meda, R., J. Esquivel, and M.B. Blatz, The esthetic biological contour concept for implant restoration emergence profile design. *J Esthet Restor Dent*, 2021. 33(1): p. 173-184.
18. Esquivel, J., R.G. Meda, and M.B. Blatz, The Impact of 3D Implant Position on Emergence Profile Design. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2021. 41(1): p. 79-86.
19. Katafuchi, M., et al., Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: A cross-sectional radiographic analysis. *J Clin Periodontol*, 2018. 45(2): p. 225-232.
20. Yi, Y., et al., Association of prosthetic features and peri-implantitis: A cross-sectional study. *J Clin Periodontol*, 2020. 47(3): p. 392-403.
21. Han, J.W., et al., Impact of profile angle of CAD-CAM abutment on the marginal bone loss of implant-supported single-tooth posterior restorations. *J Prosthet Dent*, 2023.
22. Avila-Ortiz, G., et al., The peri-implant phenotype. *J Periodontol*, 2020. 91(3): p. 283-288.

23. Thoma, D.S., S. Mühlemann, and R.E. Jung, Critical soft-tissue dimensions with dental implants and treatment concepts. *Periodontol* 2000, 2014. 66(1): p. 106-18.
24. Lops, D., et al., Influence of abutment material on peri-implant soft tissues in anterior areas with thin gingival biotype: a multicentric prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 2017. 28(10): p. 1263-1268.
25. Linkevicius, T., et al., Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2015. 17(6): p. 1228-36.
26. Chan, D., et al., The depth of the implant mucosal tunnel modifies the development and resolution of experimental peri-implant mucositis: A case-control study. *J Clin Periodontol*, 2019. 46(2): p. 248-255.
27. Wennström, J.L., Mucogingival considerations in orthodontic treatment. *Semin Orthod*, 1996. 2(1): p. 46-54.
28. Nozawa, T., et al., Biologic height-width ratio of the buccal supra-implant mucosa. *Eur J Esthet Dent*, 2006. 1(3): p. 208-14.
29. Rungtanakiat, P., et al., Association of prosthetic angles of the Implant Supracrestal Complex with peri-implant tissue mucositis. *Clin Exp Dent Res*, 2023. 9(3): p. 425-436.
30. Wang, J., et al., Influence of buccal emergence profile designs on peri-implant tissues: A randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2022. 24(3): p. 329-338.
31. Chanthasan, S., et al., Influence of interproximal peri-implant tissue and prosthesis contours on food impaction, tissue health and patients' quality of life. *Clin Oral Implants Res*, 2022. 33(7): p. 768-781.
32. de Tapia, B., et al., Adjunctive effect of modifying the implant-supported prosthesis in the treatment of peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol*, 2019. 46(10): p. 1050-1060.

33. Ivanovski, S. and R. Lee, Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease. *Periodontol* 2000, 2018. 76(1): p. 116-130.
34. Zheng, Z., et al., The biological width around implant. *J Prosthodont Res*, 2021. 65(1): p. 11-18.
35. Hentenaar, D.F., et al., Influence of Cervical Crown Contour on Marginal Bone Loss Around Platform-Switched Bone-Level Implants: A 5-Year Cross-Sectional Study. *Int J Prosthodont*, 2020. 33(4): p. 373-379.
36. González-Martín, O., et al., Contour Management of Implant Restorations for Optimal Emergence Profiles: Guidelines for Immediate and Delayed Provisional Restorations. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2020. 40(1): p. 61-70.
37. Souza, A.B., et al., Histological and micro-CT analysis of peri-implant soft and hard tissue healing on implants with different healing abutments configurations. *Clin Oral Implants Res*, 2018. 29(10): p. 1007-1015.
38. Piattelli, A., et al., Histologic aspects of the bone and soft tissues surrounding three titanium non-submerged plasma-sprayed implants retrieved at autopsy: a case report. *J Periodontol*, 1997. 68(7): p. 694-700.
39. Rodríguez X. et al., Effect of platform switching on collagen fiber orientation and bone resorption around dental implants: a preliminary histologic animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012. 27(5): p.1116-22.
40. Cardaropoli, G., U. Lekholm, and J.L. Wennström, Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*, 2006. 17(2): p. 165-71.
41. Schwarz, F., C. Claus, and K. Becker, Correlation between horizontal mucosal thickness and probing depths at healthy and diseased implant sites. *Clin Oral Implants Res*, 2017. 28(9): p. 1158-1163.

42. Eghbali, A., et al., Ultrasonic Assessment of Mucosal Thickness around Implants: Validity, Reproducibility, and Stability of Connective Tissue Grafts at the Buccal Aspect. Clin Implant Dent Relat Res, 2016. 18(1): p. 51-61.
43. Farronato, D., et al., Ratio between Height and Thickness of the Buccal Tissues: A Pilot Study on 32 Single Implants. Dent J (Basel), 2019. 7(2).

ABSTRACT

Impact of Emergence profile on the buccal/lingual peri-implant soft tissue in implant-supported single-tooth posterior restorations with CAD/CAM abutments

Seungwon Back

Department of Dentistry

Graduate School of Yonsei University

With the increasing use of customized abutments, the interest and importance of the proper emergence profile have been growing. However, clear guidelines for this aspect are yet to be established. Although many recent studies have reported on the correlation between the shape of implant prostheses and peri-implant tissues, most of these studies primarily focus on the relationship between the emergence profile in the mesial/distal direction and marginal bone loss. This study aims to evaluate the effect of the buccal/lingual emergence profile of implant prostheses using customized abutments on the morphology of the surrounding soft tissue utilizing 3D digital scanning technology.

A total of 58 single posterior implant fixed prostheses using customized abutments were analyzed, considering the arch, tooth position, and follow-up period after prosthesis placement. Digital scans of the oral cavity and prostheses were performed at least one year post-placement, measuring the width and height of the soft tissue, and the width and profile angle of the prostheses. The area 2mm above the implant platform was set as the analysis zone, calculating the proportion of the soft tissue

and prosthesis occupying this zone. Statistical correlations between soft tissue morphology (height, width, etc.) and arch, tooth position, follow-up period, and the proportion of the prosthesis in the analysis zone were analyzed. Finally, cut-off values for the profile angle of the prostheses concerning specific soft tissue height and width were determined to derive the critical profile angle.

Results indicated significant differences in soft tissue width between the maxillary and mandibular arches in both buccal and lingual regions. As the proportion of the prosthesis in the analysis zone increased, the width and height of the soft tissue tended to decrease in both buccal and lingual regions, with a more substantial influence observed towards the crown. However, no statistical correlation was found between the proportion of the prosthesis and the soft tissue's width/height ratio. The critical profile angle necessary to maintain a soft tissue height of 2mm was calculated to be between 34.8° and 81.3°; for 3mm height, between 16.6° and 59.0°; and for 4mm height, between 6.0° and 36.1°. The critical profile angle for maintaining a soft tissue width of at least 2mm was calculated to be between 31.0° and 50.4°.

In conclusion, there is a significant correlation between the subgingival shape of the prosthesis and the height and width of the peri-implant soft tissue. Particularly, the shape near the gingival margin had a more significant impact on the geometric configuration of the surrounding soft tissue than the shape near the implant platform. Setting the profile angle of the prosthesis within the suggested critical values based on the given width and height of the soft tissue can aid in maintaining stable peri-implant soft tissue.

Key words : Peri-implant soft tissue, CAD-CAM abutment, Emergence profile, Profile angle