

# 단일 임플란트 지지에 의한 보철물의 생존율에 관한 문헌 연구

장문택

전북대학교 치과대학 치주과학교실, 구강생체과학연구소

## I. 서론

치아우식증, 치주질환 혹은 외상 등에 의해서 상실된 한 개의 치아는 기능 및 심미적인 이유로 대개의 경우 보철적 수복을 필요로 한다.<sup>1</sup> 가장 일반적인 단일치아 수복치료방법은 인접 자연치를 삭제한 후, 이를 지대치로 사용하는 고정성 계속가공의치(fixed partial denture)이다. 하지만 지대치 삭제시, 치수손상(pulp injury)에 의한 치근단 병소, 부적절한 지대치 유지형태(retention form) 및 접착시멘트의 용해(cement washout)에 의한 보철물 탈락, 지대치 파절, 금관 변연부에 발생하는 이차 치아우식증 등은 고정성 계속가공의치의 장애 요인이다.<sup>2</sup> 레진접착에 의하여 유지를 얻는 레진접착성 보철물(resin bonded denture)은 건전한 인접치의 삭제량은 줄일 수 있으나, 잦은 보철물 탈락<sup>3</sup>과 치아의 두께가 얇은 경우 투과현상에 의해 금속이 비치는 심미적 문제가 장애요인이 된다. 교정치료에 의해 단일치아 상실로 인한 치간 공간을 없애는 방법도 시도되지만, 새로운 위치로 이동한 치아의 심미적 치아형태로 만들기 위해, 레진(resin build-up)이나 금관(crown)등 부가적인 치료가 필요하며, 장기간의 치료시간이 단점으로 지

적된다.<sup>4</sup> 가철성 국소의치(removable partial denture) 역시 환자의 이물감호소나 발음장애 등이 문제점으로 지적된다.

이러한 전통적인 단일 상실치아의 보철치료 방법의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 제시된 치료방법은 단일 임플란트 지지에 의한 수복(single-tooth implant replacement)이며, 건전한 인접자연치의 삭제 필요없고, 가공의치(pontic)와 달리 임플란트에 의해 수복된 금관이 자연치아처럼 치조골에서 자연스럽게 연조직을 뚫고 나오므로 심미적으로 유리할 수 있다.<sup>5</sup> 원래 무치악 환자의 치료에 사용되었던 임플란트에 의한 보철치료는 장기적 추적연구들<sup>6,7</sup>에서 높은 성공률을 보였으며, 이후 부분 무치악 환자의 치료<sup>8</sup>로 확대되어 역시 좋은 결과를 보였다. 그리고 마침내 단일 상실치아의 수복까지 그 사용이 확대되었다.<sup>9</sup> 이러한 도입 과정의 결과, 무치악이나 부분 무치악 환자의 치료에 비해 단일치아상실환자의 치료에 사용된 임플란트에 관한 연구논문은 숫자가 적고, 추적기간도 상대적으로 짧다.

일반적으로 임플란트 기술에서 3개 이하의 임플란트 사용은 기계 역학적으로 불리한 것으로 알려져 있으며, 단일 임플란트는 굴곡모멘트(bending

\*본 연구는 전북대학교병원 특수목적연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

교신 저자: 장문택, 전라북도 전주시 덕진구 금암동 634-18 전북대학교 치과대학 치주과학교실, 우편번호: 561-712

moment)에 아주 취약하므로, 특히 교합력이 강하게 작용하는 구치부에서 이의 사용은 더욱 금기로 여겨졌다.<sup>10</sup> 실제로 초기의 단일 임플란트 연구에서 교합이 가해진 단일 임플란트 지지 금관의 나사 풀림 현상(screw loosening)은 자주 관찰되었으며, 특히 구치부에서 그 빈도는 급속히 증가되었다.<sup>11,12,13,14</sup> 더불어 심미적 이유로 연조직 깊이 매식된 임플란트 주위의 연조직 문제, 치관의 심미적 문제 등이 초기의 연구들에서 자주 관찰되었다.<sup>12</sup> 하지만 임플란트 부품<sup>15</sup>과 술식의 발달<sup>16</sup>등으로 상당부분 위에서 언급된 문제들이 해결되어가고 있음이 최근의 연구들<sup>17,18</sup>에서 보고되고 있다.

임플란트의 장기적 성공에 필수적인 성공적인 골유착(osseointegration)은 임플란트의 재료(implant material), 임플란트의 모양(implant design), 임플란트 표면의 성질(surface quality), 임플란트가 식립될 부위의 골상태(status of the bone), 수술방법(surgical technique), 임플란트에 교합을 가하는 방법(implant loading conditions) 등의 6가지 요소에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>19</sup> 이러한 요소들이 임플란트의 생존에 어떻게 영향을 주는가에 대하여 단일 임플란트에 관한 연구는, 부분 무치악이나 완전 무치악 환자의 치료에 관한 연구들만큼 많지는 않지만, 최근 그 숫자가 점차 증가하고 있다.

이 종설 논문의 목적은 문헌에 보고된 단일 치아 수복에 사용된 임플란트의 성공률을 골유착에 영향을 주는 여러 요인들에 따라 분석하는 것이다.

## II. 연구재료 및 방법

의학 정보검색프로그램 PubMed (<http://www.ncbi.nih.gov/entrez/query.fcgi>)에서 “single”, “dental”, “implant”의 검색어(keyword)를 사용하여 단일 임플란트에 관한 논문을 검색하였으며, 이와 더불어 검색된 논문들의 참고문헌목록에서 추가로 단일 임플란트에 관한 논문들을 수작업(hand searching)으로 찾았다. 이렇게 검색된 모든 논문들을 대상으로 다음과 같은 선정기준(inclusion criteria)을 사용하여 연구대상 논문을 최종적으로 선택하였다;

1. 단일 임플란트 생존율/성공률이 구체적으로 조사, 기재된 논문
2. 영어로 발간된 논문
3. 평가위원(referees)에 의해 검토되는 학술지(peer reviewed journal)에 실린 논문
4. 환자를 대상으로 한 임상연구(human clinical trials)
5. 추적연구(follow-up study)  
선택된 논문들의 결과는 표를 사용하여 다음 항목별로 분류하여 내용을 정리하였다.
  1. 발행년도
  2. 연구방법(prospective/retrospective)
  3. 연구대상 임플란트
    - ①. 종류(재료, 모양, 표면)
    - ②. 개수
  4. 연구대상 환자 수
  5. 임플란트 식립부위
  6. 실패한 임플란트 수와 그 이유
  7. 추가 술식(예, bone graft, sinus lift etc.)
  8. 치료 후 발생한 문제점(complication); 나사풀림(screw loosening)  
결과 분석은 통계프로그램 SPSS 10.0을 사용하였다.

## III. 결과 및 고안

총 65 개의 논문들<sup>11-14, 20-80</sup>이 선정기준을 만족하였으며, 이 가운데 같은 환자를 대상으로 한 7개 논문<sup>12,28,30,31,42,43,67</sup>을 제외한 58개의 논문을 최종적 연구 대상으로 하였다. 1990년 Jemt 등<sup>11</sup>의 논문이 발표된 이후 해마다 논문의 숫자는 계속 증가하여 2001년에는 12편의 논문이 단일 임플란트의 성공률을 보고하였다(Figure 1). 논문의 86%(n=50)는 단일 임플란트만을 대상으로 한 연구였으며, 나머지는 단일 임플란트를 포함한 여러 가지 유형의 임플란트 보철치료를 연구한 논문이었다. 22개(37%)는 전향적(prospective)연구였으며, 나머지 37개(63%)는 후향적(retrospective)연구였다.<sup>69</sup> (69:두 가지 유형의 연구가 행해짐). 추적기간은 6개월에서<sup>42,80</sup> 최고 13년<sup>68</sup>까지이며, 한 개의 논문에서 조사된 단일 임플란트는 12개<sup>78</sup>

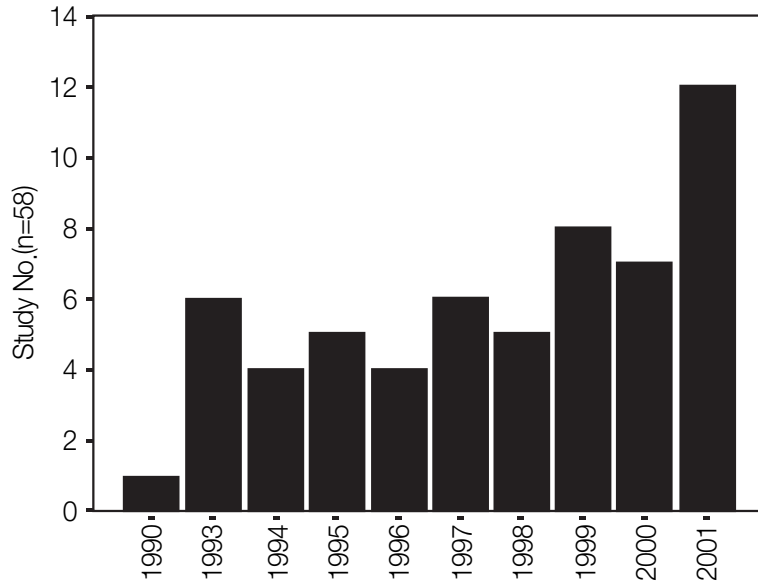


Figure 1. 단일 임플란트 생존율을 보고한 논문의 연간 발행 숫자

에서 314개<sup>23</sup>(평균 79개), 연구대상 환자의 숫자는 10명<sup>57</sup>에서 314명<sup>23</sup>까지 다양하게 분포하였다. 총 5025개의 단일 임플란트가 식립되었으며, 197개의 실패가 보고되었다.

### 1. 임플란트 종류(Implant type)

연구에 사용된 임플란트는 Branemark implant<sup>11,13,14,24,27,32,36,38-40,48-50,53,58,59,65,68-71</sup>, Astra tech implant<sup>41,44,47,66,74</sup>, ITI implant<sup>41,54,56,61,64</sup>, Frialit implant<sup>20,25,45,46,76</sup>, 3i implant<sup>26,62,72</sup>, Ankylos implant<sup>60</sup>, Sulzer Calcitek implant<sup>51,57</sup>, Spectra system(Paragon)<sup>63</sup>, Screw-vent<sup>78</sup>, Genetics implant system<sup>75</sup>, Steri-Oss implant<sup>73,80</sup>, AlphaBio implant<sup>73</sup>, Mac System<sup>77</sup>, Endopore<sup>79</sup>, 미상(not identified)<sup>23,52</sup> 등이었다.

### 2. 임플란트 재료(Implant material)

대부분의 단일 임플란트(Branemark, Astra, ITI, 3i, Frialit-2, Ankylos, Mac system)는 순수 타이타늄(commmercially pure titanium)으로 만들어졌지만, Screw-vent, Genetics implant system은 타이타늄

합금(titanium alloy)을, Frialit implant의 초기모델인 Frialit-1(Tubingen) implant는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic으로 만들어졌다. 이상 모든 재료는 생체조직에 적합(bio-inert)하며, 골과 유착(osseointegration)하는 것으로 알려져 있다. 하지만 세라믹은 파절 위험 때문에 주로 전치부 단일 치아의 수복에 사용되었으며, 높은 실패율(13%)<sup>25</sup>과 금속재료의 임플란트에 비하여 월등히 높은 실패율<sup>23</sup>때문에 지금은 많이 사용되지 않는다. 타이타늄 합금은 순수 타이타늄에 비하여 기계적 강도는 우수하나<sup>10,81</sup> 골과 유착하는 면적이나 임플란트 제거 토크(removal torque)가 상대적으로 떨어지는 것이 단점으로 지적되었다<sup>82</sup>.

### 3. 임플란트 모양(Implant design)

단일 임플란트 연구에 사용된 임플란트의 대부분은 나사가 있는 스크루(threaded screw)모양이지만, 일부 임플란트(IMZ, Sulzer Calcitek, Steri-Oss, Endopore)는 원통(cylinder)모양, 그리고 ITI 초기모델처럼 원통형의 가운데가 비어있는(hollow cylinder)모양도 사용되고 있다. 전치부 치아를 발치하고 즉시 식립 할 때 많이 사용되는 Frialit 임플란트는 초

기모델(Tubingen, Frialit-1)에서는 세라믹으로 층이진 원통(steped cylinder)모양으로 만들어졌다가, 최근(Frialit-2)에는 타이타늄을 소재로 나사가 있는 층이진 스크루(threaded, stepped screw)형태로 제작된다. 그리고 구치부에 사용되어 좋은 결과를 얻은<sup>60</sup> Ankylos implant는 나사가 있으며(threaded), 끝 부분이 점점 가늘어지는(progressive)형태로 제작되었다.

임플란트와 지대주(abutment) 결합부분의 형태도 평평한 면끼리 만나는 butt joint(Branemark, 3i 등)와 경사진 임플란트 내면에 지대주가 결합하는 morse taper(Astra, ITI, Ankylos, Mac)가 있다. Morse taper 형태의 기계적 우수성이 in vitro study<sup>83,84</sup>에서 제기되었지만, 동물실험<sup>85</sup>에서 다른 임플란트-지대주 접합방법을 가진 Branemark, Astra, ITI 임플란트들 간에 임플란트 주위 연조직 및 골조직의 제원(dimension)의 차이가 없음이 관찰되었다. 그리고 최근의 Branemark implant와 Astra implant를 임상적, 방사선학적, 미생물학적으로 비교한 임상실험<sup>86</sup>에서 Branemark implant가 Astra tech implant 보다 임플란트 주위의 탐침 깊이가 더 깊고(0.6mm), 임플란트와 골접촉 부분의 최상부가 임플란트-지대주 연결부위에 더 가까웠다(1.6mm). 저자들은 이러한 차이를 임플란트의 임플란트-지대주 연결부위의 모양에 따른 생물학적 고정(biologic width)확립이라고 주장하였다. 하지만 이러한 차이가 통계적 유의성은 있지만 임상적 유의성은 없다고 하였다.

#### 4. 임플란트 직경(Implant diameter)

Rangert등의 파절된 39개의 Branemark implant를

분석한 연구<sup>10</sup>에서, 35개(90%)의 임플란트 파절이 구치부에서 일어났으며, 30개(77%)는 1개나 2개의 임플란트에 의해 지지받고 있었다. 174개의 ITI single-tooth implant를 대상으로 한 연구<sup>54</sup>에서는 보철물 장착 6개월까지 1개, 그 이후에 3개의 파절이 관찰되었다. 파절 임플란트는 모두 가운데가 빈(hollow) 직경 3.5 mm 임플란트이고, 위치는 하악 구치부에 식립된 임플란트 이었다. 반대로 4.1 mm 직경의 속이찬 나사형(solid screw) 임플란트는 평균 40.3개월의 추적기간중 단 한 개의 파절도 없었다. 위와 같은 연구 결과를 고려할때, 구치부 단일 임플란트는 위치적으로, 숫적으로 파절 가능성은 더욱 증가할 것이다. 구치부의 과도한 교합력에 저항하고<sup>69</sup>, 골질이 떨어지거나<sup>87</sup>, 짧은 길이의 임플란트를 사용해야 할 때<sup>88</sup>, 굵은 직경(wide implant)의 임플란트를 사용하거나<sup>69</sup>, 두 개의 임플란트를 연결하여 사용하기를 권한다<sup>36</sup>. 동물실험에서 굵은 직경을 가진 임플란트는 골접촉면적이 넓어지므로, 직경이 작은 임플란트보다 제거할 때 드는 힘(removal torque)이 통계적으로 유의성있게 컸다<sup>89</sup>. 단일 임플란트의 임상연구에서 굵은 직경의 임플란트는 좋은 결과를 보였지만(Table 1), 부분 무치악환자에 사용된 임플란트의 임상연구<sup>90</sup>에서는 상악 29%, 하악 19%의 높은 실패율을 보였고, 다른 임상연구에서도<sup>91</sup> 굵은 직경(5mm)의 임플란트에서 일반 임플란트(3.75mm) 보다 오히려 더 많은 실패가 관찰되었다. 저자들은 그 이유를 굵은 직경의 임플란트가 주로 실패한 임플란트를 제거한 후 대체용(rescue) 임플란트 혹은 골질이 좋지 않은(poor bone quality)경우에 사용되고, 임플란트 형태의 변화(changed implant design), 초기의 시행착오

Table 1. 굵은 직경의 단일 임플란트를 사용한 논문

Authors	Implant type & diameter	Implant /patient number	Follow-up years	survival rates(%)	Comments
Polizzi et al. 2001 <sup>69</sup>	Branemark 5mm	38/34	3	92	Retrospective study
	Branemark 5mm	20/17	1	95	Prospective study
Khayat et al. 2001 <sup>78</sup>	Paragon 4,7mm	12/n.a.	>1	100	

Table 2. 가는 직경의 단일 임플란트를 사용한 논문

Authors	Implant type & diameter	Implant/patient number	Follow-up periods(years)	survival rates(%)
Polizzi et al. 1999 <sup>59</sup>	Branemark 3.0mm	30/21	3-7	93.3
Vigolo & Givani 2000 <sup>62</sup>	3i 2.9mm	52/44	5	94.2
Andersen et al. 2001 <sup>72</sup>	3i 3.25mm	32/28	3	93.8

Table 3. 임플란트 종류로 분류한 단일 임플란트에 관한 논문 및 생존률

Fixture type	Reference no.	Included implant numbers	Failed implant numbers	Survival rate % (SD)
Branemark	13,14,24,27,29,32-36,38-40, 48-50,53,58,59,65,68-71	2021	62	96.3(3.7)
Astra	41*,44,47,66,74	209	2	99.2(1.7)
ITI	41*,54,56,61,64	471	12	96.3(3.1)
Frialit	20,25,45,46,76	581	33	91.8(6.4)
3i	26,62,72	179	8	95.6(2.9)
Mixed types**	22,37,51,55,73	260	9	96.0(6.9)
Other types***	21,23,52,57,60,63,75,77-80	1304	71	96.6(3.7)
Total		5025	197	96.2(4.2)

\* 41은 Astra 와 ITI의 생존률 결과가 분리되어 보고됨

\*\* 한 연구에 두 가지 이상의 임플란트가 사용되고, 생존율 결과는 분리 보고되지 않음

\*\*\* 사용된 임플란트 종류가 2개 이하인 연구

(learning curve)때문 등으로 해석하였다.

굵은 직경의 임플란트의 경우와 대조적으로 좁은 치간골(reduced interradicular bone), 얇은 치조골 두께(thin alveolar crest), 하악 전치같이 치아의 치경부 직경이 작은 경우(small cervical diameter)등에는 작은 직경의 임플란트가 사용되어 좋은 결과를 얻었다(Table 2). 하지만 이들 연구들은 모두 전치부에 국한되어 사용되었음을 상기하고, 사용 전 항상 기계역학적인 면을 고려하여 파절의 위험성에 대비해야 한다<sup>92</sup>.

### 5. 임플란트 표면(Surface quality)

임플란트 표면은 기계로 매끈하게 깎은 표면

(machined smooth surface; Branemark system, 초기 Astra tech implant)과 여러 가지 방법으로 거칠게 (rough) 처리한 표면으로 분류할 수 있다. 임플란트의 표면이 거칠면 골과 접촉하는 면적이 증가되므로 초기고정에 유리하다고 믿어졌다<sup>93v</sup> ITI implant의 TPS(Titanium Plasma Spray)와 SLA(Sand-blasted Large-grit Acid-etched), Ankylos implant의 sand blasting, 3i implant에 사용된 sand blasting후 acid etching, Astra tech implant의 TiO<sub>2</sub> blasting, hydroxyapatite coating(Calcitek implant, Frialit-2 implant, SteriOss implant, IMZ implant, Spectra system; Paragon implant), Endopore implant처럼 타이타늄 합금을 구슬 모양으로 표면에 용융(sintered spheroidal particles of titanium alloy)하는 등 다양한 방법으로 표면

을 처리하여 거칠게 만들었다. Mazor등<sup>57</sup>은 상악 구치부의 결손부에 sinus augmentation 후 10개의 Hydroxyapatite coated surface를 가진 임플란트를 식립하여 100% 성공하였으며, Schwartz-Arad등<sup>52</sup>도 구치부에서 HA coated된 implant를 사용했을 때 machined surface를 가진 임플란트보다 더 높은 성공률을 관찰하였다. 하지만 임플란트 주위염증(perioimplantitis)등으로 인한 골흡수 때문에 연조직이 퇴축되면, 노출된 임플란트의 거친 표면에 침착된 치태 제거가 어려운 점이 문제점으로 지적되고 있다<sup>64</sup>.

이상의 다양한 임플란트 재료, 임플란트 디자인, 임플란트 표면을 가진 여러 가지 단일 임플란트들을 대상으로 한 연구들의 생존율을 비교해봤을 때, 대부분 95% 이상의 높은 생존율을 보였다(Table 3). 낮은 성공률을 보이는 몇 개의 연구는 1980년대 단일 임플란트가 처음 식립될 때<sup>20,23,25</sup>, 혹은 발치 후 즉시 식립하고 즉시 보철물을 제작 장착하여 부하를 가하는 특이한 경우를 실험한 경우 등<sup>65,73</sup>에서 아주 한정적으로 보고되었다(Figure 2).

## 6. 수술 수기(Surgical technique)

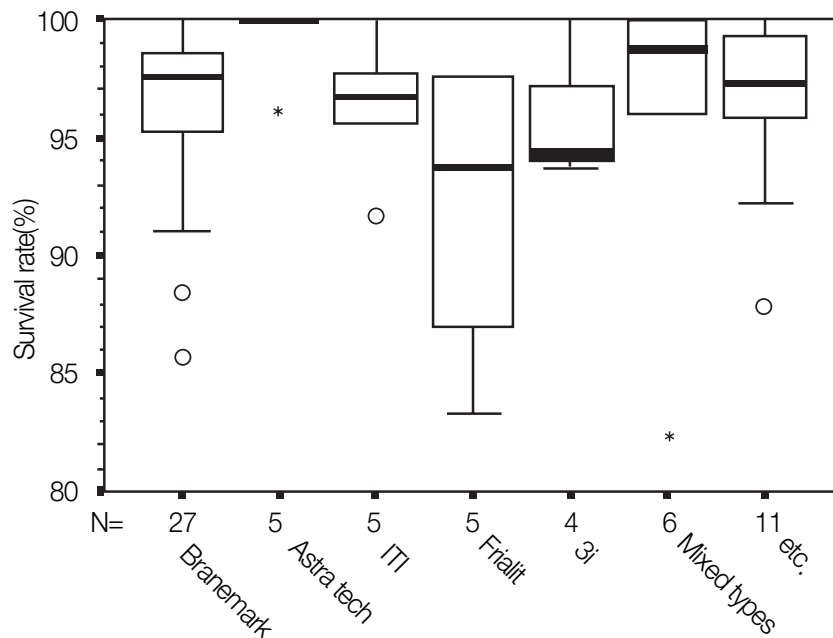


Figure 2. 임플란트 종류에 따른 단일 임플란트 생존률(Box plots)

골조직은 아주 열에 민감하므로, 임플란트 식립부위를 드릴링할 때 냉각된 식염수로 충분히 관수(irrigation)하여 적절한 온도를 유지하도록 하여야 한다.<sup>95</sup> 굵고 긴 임플란트가 사용되거나,<sup>96</sup> 골질이 아주 단단한 경우에는 더욱 열에 의한 손상의 위험성이 높으므로 드릴링할 때 회전속도를 줄여야 한다.<sup>97</sup> 드릴이 무딘 경우에도 새 드릴을 사용할 때 보다 열이 더 발생하므로, 일정 횟수 이상 사용된 드릴은 새 드릴로 교체되어야 한다<sup>98</sup>.

지대주 연결방식에 따른 1 단계형(one stage) 혹은 2 단계형(two stages) 임플란트 술식의 장단점과 장기적 결과에 대하여 많은 논쟁이 있었다.<sup>99</sup> 하지만 현재 두 가지 방법 모두 장기적으로 높은 성공률을 보임<sup>100</sup>에 따라 이에 대한 논쟁은 일단락되었으며, 여러 가지 상황에 따라 두 가지 방법 가운데 적절한 술식을 선택하여 사용하고 있다.

## 7. 부족한 골양을 해결하기 위한 특별한 수술방법들(Special surgical techniques in compromised situation)

해부학적 한계, 즉 협설로 좁은 치조골, 그리고 상악동, 하악치조관에 근접하여 임플란트 식립에 필요한 골 양이 부족한 경우, 이 같은 한계를 극복하기 위한 다양한 술식이 개발되어 사용되고 있다.<sup>101</sup> 최근에는 골 신장술(Distracted osteogenesis)<sup>102</sup>도 임플란트 식립에 부족한 골 양을 수직적으로 증가시키기 위해 시도되고 있다.

단일 임플란트의 경우, 임플란트 식립에 부족한 골 양을 증가시키기 위해, mandibular symphysis, maxillary tuberosity, mandibular retromolar 부위를 공여부로 하는 자가골 이식(autogenous bone graft)<sup>37,51</sup>, membrane을 이용한 GBR(Guided Bone Regeneration),<sup>26,35,51,58</sup> 상악 전치부의 얇은 잔존골을 ostetome과 dilator를 사용하여 협설 두께를 증가시키는 방법<sup>68</sup>이 보고되었다. 하지만 단일 임플란트를 식립하기 위해 하악골을 상악 전치부에 이식했을 때, 약 4개월 후 이미 60% 정도의 골흡수를 관찰하였다.<sup>103</sup> 상악 구치부의 잔존골이 상악동의 확장(pneumatization)으로 아주 얇아져서 임플란트의 식립이 어려운 경우, 상악동을 거상시키고, 여러 가지 종류의 골이식재를 넣는 방법으로 수직고경을 증가시켜 단일 임플란트를 식립하여 3년의 추적기간동안 좋은 결과를 얻었다.<sup>57</sup>(Table 4).

하지만 길이가 긴 임플란트를 식립하기 위한 위와 같은 부가적 술식없이 기존의 골 양에 맞는 짧은 임플란트(<7mm)를 사용하여서도 좋은 결과를 얻은 연구도 있다<sup>104</sup>. 그리고 Palmer<sup>43</sup>은 15개의 단일 Astra implant를 식립할 때, 관찰된 3개의 fenestration, 8개의 dehiscence에 아무런 추가 술식 없이도 5년간의

추적연구<sup>66</sup>에서 특별한 문제를 발견할 수 없었다. Lekholm<sup>105</sup>도 임플란트의 노출과 생존율 사이에 아무런 상관관계도 발견할 수 없었다. 이 결과 저자들은 단지 임플란트 식립시 노출된 임플란트 표면을 골로 덮기 위해, 추가 술식(bone graft, GBR)을 시도하는 것에 대해 의문을 표시했다.

## 8. 골 상태(Status of the bone)

골질이 불량한 부위에 임플란트를 식립하면 초기 고정을 얻기가 어려우므로, 실패율이 증가하는 것으로 알려져 있다. 단일 임플란트에 관한 연구에서도 임플란트의 실패원인을 식립부위의 골질이 불량했기 때문으로 보고한 연구가 있다<sup>2</sup>. 골질이 좋지 않을 때, 길거나(>13mm), 굵은 직경의 임플란트를 사용하거나, 거친 표면을 가진 임플란트를 사용하여 좋은 결과를 얻었다<sup>106</sup>. 단일 임플란트 연구의 경우 Deporter 등<sup>79</sup>이 상악 구치부에 시술한 경우와 Mazor<sup>57</sup>이 상악동 거상술 후 상악 구치부에 식립한 경우를 제외하고는, 대부분의 임플란트가 전치부 혹은 하악 구치부등 비교적 골질이 좋은 부분에 식립되었다.

통상적으로 임플란트는 치아를 발치하고 그 자리가 완전히 치유된 다음 식립하지만, 치료기간이 길어지고, 치유기간의 발치와 흡수가 단점으로 지적된다. 또 발치와 즉시 식립은 발치수술과 임플란트 수술을 한꺼번에 할 수 있다는 것이 다른 장점이 될 것이다<sup>107</sup>. 물론 초기 고정을 얻을 수 있는 발치와 상(하)방의 골이 어느 정도 존재해야 하고, 발치창과 임

Table 4. 추가 술식을 사용한 단일 임플란트 논문

Authors	Implant type	Augmentation type	Implant /patient number	Follow-up periods	Survival rates(%)	Comments
Raghoobar et al, 1996 <sup>37</sup>	Branemark & III	Autogenous bone graft	31/27	24-68 months	100	Maxillary anterior ridge
de Wijs et al, 1997 <sup>40</sup>	Frialit-2	Bone splitting	68/54	>4 years	93.7	Anterior area
Mazor et al, 1999 <sup>57</sup>	Sulzer calcitek	Sinus augmentation	10/10	3 years	100	No bone loss

Table 5. 즉시 교합이 가해진 단일 임플란트 논문

Authors	Implant type	Implant /patient number	Follow-up periods(months)	Survival rates (%)	Loading condition
Ericsson et al, 2000 <sup>65</sup>	Branemark	14/14	18	12/14	within 24 hours after implantation
Chaushu et al, 2001 <sup>73</sup>	Steri-Oss & Alpha Bio	17/17	up to 24	82,4	immediately after implantation on extraction socket
		9/9	up to 24	100	immediately after implantation on healing socket
Cooper et al, 2001 <sup>74</sup>	Astra	53/47	12	96,2	3weeks after implantation

플란트의 틈이 너무 크지 않아야 임플란트 상부의 골유착을 기대할 수 있을 것이다. 단일 임플란트 영역에서는 끝으로 갈수록 꺾기가 좁아지는 층이진 형태의 단일 Frialit 임플란트를 전치부 발치창에 즉시 식립하여 추적한 연구가 자주 발견된다.<sup>20, 25, 45, 76</sup> 구치부에서도 Branemark implant를 발치와에 즉시 식립하여 높은 성공률을 얻었다<sup>14</sup>.

### 9. 임플란트 교합 부하방법(Implant loading conditions)

임플란트가 교합에 조기노출(premature loading) 되면, 임플란트에 미세한 움직임(micromovement)을 일으켜 임플란트와 주위 골 사이에 골유착 대신 연조직이 개재된 섬유성 골결합(fibro-osteal integration)을 초래하여 실패한다고 믿어졌다<sup>108</sup>. 그러므로 Albrektsson 등<sup>19</sup>은 임플란트 식립 후, 최소한 3-4개월의 치유기간이 교합전에 필요하다고 하였다. 이러한 이유에서 Branemark implant는 임플란트 수술 후 연조직으로 임플란트를 덮고, 치유가 일어난 다음에 지대주를 연결하는 2차 수술법(2 stage procedure)을 따랐다. 하지만 최근에는 하악에 3개의 임플란트를 식립하고, 수술 당일 보철물을 제작하여 장착시키는 Branemark Novum이라고 불리는 즉시 교합시키는 방법<sup>109</sup>이 시도되어, 3년 추적연구

에서 98%의 높은 성공률을 보였다. 그리고 환자 만족도, 골 소실양 등의 임상검사에서 통상의 치유기간을 허용한 기존 술법과 다른 좋은 결과를 보였다.

단일 임플란트의 즉시 교합부하에 관한 연구(Table 5)로는 Ericsson 등이<sup>65</sup> Branemark 단일 임플란트를 1-stage 방법으로 시술하고, 24 시간 내에 임시수복금관으로 즉시 교합시킨 실험군을 기존의 2 stage 술식으로 시술된 대조군에 비교 연구하였다. 18 개월간 추적결과, 골소실의 양은 차이가 없었지만, 실험군에서는 2개의 임플란트가 상실되었고, 반면 대조군에서는 모두 성공하였다. 저자들은 이러한 즉시 부하법이 일반적으로 시술되기 전에 잘 조절된 실험방법으로 여러 기관에서 실행한 연구(controlled multi-center study)가 더 필요하다고 하였다. Cooper 등<sup>74</sup>도 1 stage 술식으로 상악 전치부에 Astra 임플란트를 시술하고, 3주 후 지대주를 연결할때 임시 수복물로 교합시키고, 7 내지 9주 후 영구 보철물을 장착하였다. 전향적 다기관 연구(12 months prospective multicenter study)방법으로 이들 58개 임플란트 보철물을 12개월 후에 임상 및 방사선 검사를 하여 생존율 96.2%, 평균 골소실 양은 0.4 mm로 보고하였다. 저자들은 시간에 따른 임플란트주위 연조직의 증가를 관찰하여, 이 즉시 부하법이 심미적으로 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다.



Table 6. 구치부 단일 임플란트에 관한 논문

Authors	Implant type	Implant /patient number	Follow-up periods (years)	Survival rates(%)	Comments
Becker & Becker 1995 <sup>14</sup>	Branemark	24/22	2	95	38 % screw loosening
Balshi et al. 1996 <sup>36</sup>	Branemark Single	22/22	3	96	48 % screw loosening
	Branemark Double	50/25	3	100	8 % screw loosening
Parein et al. 1997 <sup>40</sup>	Branemark	56/n.a.	6	88.5	Premolar vs molar : 0 vs 49.8 %
Schwartz-Arad et al. 1999 <sup>52</sup>	Not known	78/55	6.7	93.6	5 failures in titanium screw acid etched
Mazor et al. 1999 <sup>57</sup>	Sulzer Calcitek	10/10	3	100	Sinus augmentation
Romanos et al. 2000 <sup>60</sup>	Ankylos	58/51	5	96.6	
Polizzi et al. 2001 <sup>69</sup>	Branemark 5mm	38/34	3	92	Retropective study
		20/17	1	95	Prospective study

이상의 연구는 발치창이 완전히 치유된 치조골에 임플란트를 수술하고, 즉시 혹은 조기에 부하시킨 경우이지만 Chaushu 등<sup>73</sup>은 발치후 단일 임플란트를 즉시 식립하고, 즉시 부하시킨 임플란트 시술 증례를 보고하였다. 대조군의 완전히 치유된 발치창에 식립하고, 즉시부하시킨 경우에 비하여 낮은 생존율을 관찰하여(82.4% vs 100%), 발치창에 즉시 식립하고 즉시 부하시키는 방법의 위험성을 보고하였다.

임플란트에 교합을 가하는 방법과 더불어, 과도한 교합력에 노출되는 것도 임플란트의 파절 혹은 임플란트 주위 골소실로 생존율에 영향을 줄 것으로 여겨진다. 임플란트 직경에서 언급되었듯이, 강한 교합력이 가해지는 구치부의 단일 임플란트는 위와 같은 위험성에 크게 노출된다. 하지만 최근 여러 연구에서 굵은 직경<sup>69</sup> 혹은 표면이 거칠거나<sup>52,57</sup>, 두 개의 임플란트를<sup>36</sup> 사용하여 좋은 결과를 얻었다(Table 6). 하지만 잦은 나사의 풀림이 다른 문제점으로 지적된다<sup>4</sup>.

## 10. 기타 문제점(Complications)

단일 임플란트 지지에 의한 금관의 문제점 가운데 하나는 잦은 나사 풀림 현상이다. 90년대 초반의 연구에서 43%<sup>27</sup>에서 65%<sup>11</sup>에 이르는 높은 빈도로 보고되었던 이러한 문제점은 Jorneus 등<sup>15</sup>의 연구결과를 따라, 임플란트와 같은 재료의 타이타늄 나사를 금으로 된 나사로 교체하고, 나사를 잠글 때의 힘을 기계를 사용하여 일정하게 조절하여(35N) 크게 줄일 수 있었다. 그리고 초기의 단일 임플란트는 지대주를 임플란트(fixture)에 나사로 고정하고, 여기에 금관을 다시 나사로 지대주에 연결하는 이중 나사방식을 사용하여<sup>11</sup>, 두 부분에서 나사풀림 현상이 관찰되었다. 1992년 Andersson 등<sup>110</sup>에 의해 조절된 토크(controlled torque)를 사용하여 지대주를 임플란트에 연결하고, 지대주에 세라믹재질의 금관을 시멘트하는 세라원 지대주 기법(CeraOne abutment technique)이 소개된 후, 나사풀림 현상은 거의 사라졌

다. 34,35,39,48,51,53,58 하지만 구치부 단일 임플란트에서는 금으로 된 나사를 사용하였음에도 불구하고 62%에서 나사풀림현상이 관찰되었고, 그 중 14%에서는 3번 이상의 나사 풀림 현상이 관찰되었다.<sup>14</sup> 이에 대한 해결책으로 Balshi<sup>36</sup>은 한 개의 구치가 상실된 부위에 두 개의 임플란트를 사용하여 금관을 제작하였을 때, 한 개의 임플란트를 사용하였을 때 보다 나사풀림현상이 많이 줄어든 것(48% vs 8%)을 관찰하였다. 임플란트와 지대주 사이의 접촉이 경사진 형태(morse taper)로 Branemark implant의 평면이 만나는 형태(butt-joint)와 다른 구조인 Astra implant에서는 거의 나사풀림 현상이 관찰되지 않았다.<sup>44,47,66</sup> 저자들은<sup>47</sup> 철저한 교합조정으로 임플란트에 가해지는 측방력을 작게 하여 구부림모멘트(bending moment)를 줄인 것과 원추형의 morse-taper구조가 나사풀림을 거의 없게 한 성공의 요인으로 생각하였다. 역시 morse taper 형태의 ITI implant로 제작된 단일 금관을 2년간 추적한 연구에서는 나사로 연결된 옥타지대주(octa abutment screw-retained) 금관과 지대주 사이에서는 22.2%의 나사풀림(occlusal screw)이 관찰되었고, 시멘트로 고정된 금관(conical-abutment cemented crown)에서 지대주의 풀림(conical abutment loosening)은 5.3% 관찰되었다.<sup>54</sup> 역시 다른 ITI 단일 임플란트연구<sup>64</sup>에서 옥타지대주를 사용한 금관에서 14%의 나사풀림이 관찰되었다. 그외 3i implant에서는 4%<sup>62</sup>, 7.1%<sup>55</sup>, 그리고 13%<sup>72</sup>의 나사풀림이 관찰되었고, 순수 타이타늄 임플란트 내부의 육각 홈에 타이타늄합금 지대주를 연결한 Mac implant에서는 80개 중 1개의 나사풀림을 보고하였다<sup>77</sup>.

이와 같은 연구의 결과를 종합해보면 임플란트와 지대주를 연결할 때, 임플란트 및 지대주와 다른 재료로 된 나사(예, gold screw)를 사용하여 조절된 회전력(controlled torque)으로 연결하고, 제작된 단일 금관을 시멘트로 지대치에 접착하고, 금관에 가해지는 과도한 교합력을 제거하는 것이 나사풀림을 줄일 수 있는 방법이 될 것이다.

생존율(survival rate)의 정의는 매식한 전체 임플란트 가운데서 일정기간 후, 구강 내에 여전히 남

아 있는 임플란트의 비율을 말한다. 하지만 생존율은 임상가의 각기 다른 치료기준에 의해 임플란트가 제거하거나, 혹은 제거되지 않을 수 있으므로 임상적인 의미가 없을 수도 있다. 즉 실패하고있는(failing) 임플란트도 제거되기 전까지는 성공적인 임플란트로 여겨질 수 있다. 이에 대하여 성공률(success rate)은 엄격한 기준(criteria)을 적용하며, 성공이 일정기간(ex. 5년 etc.) 지속되어야 한다.<sup>111</sup> 임플란트 성공의 기준은 여러 가지 방법으로 설정되어 사용되었다.<sup>112,113,114,115</sup> 1998년 캐나다 토론토대학에서 열린 심포지움<sup>115</sup> 'The Proceedings of the symposium; Towards Optimized Treatment Outcomes for Dental Implants' 에서 임플란트 성공의 정의로;

1. 임플란트지지 보철물은 기능적, 심미적으로 환자, 술자 모두에게 만족스러워야 한다.
2. 임플란트에서 기인한 통증, 불편감, 감각이상, 감염이 없어야 한다.
3. 임상검사에서 각각의 임플란트는 움직임이 없어야 한다.
4. 기능 첫 해 이후의 일년 평균 수직 골소실은 0.2 mm 이내여야 한다.

그리고 이러한 성공의 기준은 각각의 임플란트에 적용되어야 하며, 보철물이 장착되어 교합하고 있는 임플란트를 검사해야 하고, 조사대상인 모든 임플란트가 포함되어야 한다. 임플란트 동요도를 측정하는 이상적인 기준(gold standard)이 현재 없으므로, 사용된 동요도 측정방법이 구체적으로 기술적인 의미로 정의되어야 하며, 특정 기준점과 각도가 조절된 표준 구내 치근단 필름(standard periapical film)으로 골소실 양을 측정하여야 한다.

본 연구에서 분석된 논문 가운데 상당수의 논문은 명확한 기준의 적용없이 대부분 추적검사시 생존하고 있는 임플란트를 성공한 임플란트로 간주하고 있다. 그러므로 골소실이 진행되고 있는 임플란트의 경우, 추적기간의 증가와 비례하여 실패가 증가할 수도 있을 것이다. 단일 임플란트에 관한 논문 역시 상당수 논문(63%)의 연구방법이 후향적(retrospective)

검사이고, 더구나 길고 짧은 추적기간이 혼재한 경우가 대부분이므로 높은 생존율의 의미를 주의 깊게 분석해 봐야 할 것이다. 이런 의미에서 전향적(prospective) 연구가 바람직하겠지만 현실적으로 많은 수의 환자/임플란트를 긴 세월동안 환자를 소실(drop out)없이 추적하기는 무척 어렵다. 단일 임플란트 환자를 대상으로 한 전향적 연구에서 현재 추적기간이 5년인 연구<sup>38,48,50,66</sup>가 가장 길며, 대부분은 6개월에서 2년의 추적기간을 갖고 있다.

새로운 임플란트 관련 논문들을 모두 읽고, 최신 지견에 뒤처지지 않으려면 1주에 1-2편의 논문을 일년 내내 읽어야 하는데, 문제점은 이들 논문들의 50%는 몇 개의 중요한 학술잡지에 집중되어 발행되고, 나머지 50%는 100여 개의 잡지에 흩어져 실린다는 점이다.<sup>116</sup> 이와 같이 여러 잡지에 분산되어 발행되는 방대한 양의 모든 논문들을 빠짐없이 읽기는 현실적으로 매우 어려우므로, 관심분야의 여러 논문들을 전체적으로 정리(overview) 분석한 종설(review) 논문이 효율적일 수 있다. 단일 임플란트 분야에서도 체계적(systematic)으로, 메타분석(meta-analysis) 방법을 이용하여 임플란트 생존율을 조사한 논문들<sup>117,118</sup>이 있지만, 이들 논문은 메타분석의 조건에 맞는 논문들만을 대상으로 삼기 때문에 예를 들면, 66개 논문에서 9개<sup>117</sup>, 혹은 320개 논문에서 9개<sup>118</sup>처럼 대부분의 논문은 제외된다. 우리가 임상에 필요한 정보를 얻기 위해서는 임플란트 생존율뿐만 아니라, 단일 임플란트 시술에서 일어날 수 있는 모든 문제점을 종합적으로 질적으로 검토하는 것(qualitative review)도 필요하다<sup>119</sup>.

본 연구에서 분석된 단일 임플란트 연구의 연구방법, 추적기간, 사용된 임플란트 종류, 사용된 임플란트의 숫자, 환자 수, 적용된 생존율 기준, 임플란트 식립부위, 골조직의 상태 등 많은 상이한 연구조건들을 생각할 때, 임플란트 종류간 생존율(Survival rate)의 평균값의 단순 비교는 아주 주의하여 해석되어야 할 것이다(Figure 2, Table 3).

그리고 본 연구에서 다루어지지 않은 보철물의 생존율 역시 임플란트 생존율 못지않게 고려되어야 하며, 전치부 단일 임플란트 치료시 항상 강조되는

심미적인 요소 또한 임플란트 보철치료의 성공과 연결되어 평가해야 할 것이다.

## IV. 결론 및 요약

상실한 한 개 치아를 수복 치료하는데 사용된 단일 임플란트의 생존율을 조사한 논문을 분석한 결과, 몇 가지 특정 조건의 식립을 제외한 대부분의 시술에서 아주 높은 성공률을 보였다(96.1%). 단일 임플란트 치료술식 도입 초기에 발생했던 몇 가지 문제점들은 과학적 연구를 통한 생물학적 이해의 증가, 임플란트 부품과 치료술식의 발달로 대부분 해결되었으며, 새로운 술식의 도입으로 과거에 사용할 수 없었던 경우까지 확대되어 사용되고 있다. 그러므로 단일 임플란트는 기존 보철치료의 문제점들을 극복할 수 있는 안정적인 치료법으로 제안된다.

## V. 참고문헌

1. Chan RW, Tseng TN. Single tooth replacement-expanded treatment options. Aust Dent J. 1994 Jun;39(3):137-149.
2. Hammerle CH. Success and failure of fixed bridgework. Periodontol 2000. 1994 Feb;4:41-51.
3. Creugers NH, Van 't Hof MA. An analysis of clinical studies on resin-bonded bridges. J Dent Res 1991 Feb;70(2):146-149.
4. Dietschi D, Schatz JP. Current restorative modalities for young patients with missing anterior teeth. Quintessence Int 1997 Apr;28(4):231-240.
5. Andersson B. Implants for single-tooth replacement. A clinical and experimental study on the Brånemark CeraOne system. Swedish Dental Journal supplement 1995;108: 7-41.
6. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral

- Surg 1981 Dec;10(6):387-416.
7. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Branemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990 Winter;5(4):347-359.
  8. Jemt T, Lekholm U, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: a preliminary study on 876 consecutively placed fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989 Fall;4(3):211-217.
  9. Jemt T. Modified single and short-span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. *J Prosthet Dent* 1986;55:243-247.
  10. Rangert B, Krogh PH, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995 May-Jun;10(3):326-334.
  11. Jemt T, Lekholm U, Gröndahl K. A 3-year follow-up study of early single implant restorations ad modum Brånemark. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990;10:341-349.
  12. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh PH Jr, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report from a multicenter prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:29-36.
  13. Jemt T, Pettersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. *J Dent* 1993;21:203-208.
  14. Becker W, Becker BE. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: a retrospective study. *J Prosthet Dent* 1995;74:51-55.
  15. Jorneus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992 Fall;7(3):353-359.
  16. Palacci P, Ericsson I, Engstrand P. Implant placement. In: Palacci P, Ericsson I, Engstrand P, Rangert B, eds. *Optimal Implant Positioning & Soft Tissue Management for the Brånemark System* 1995;35-39. Chicago, Quintessence.
  17. Chang M, Odman PA, Wennstrom JL, Andersson B. Esthetic outcome of implant-supported single-tooth replacements assessed by the patient and by prosthodontists. *Int J Prosthodont*. 1999 Jul-Aug;12(4):335-341.
  18. Chang M, Wennstrom JL, Odman P, Andersson B. Implant supported single-tooth replacements compared to contralateral natural teeth. Crown and soft tissue dimensions. *Clin Oral Implants Res*. 1999 Jun;10(3):185-194.
  19. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52(2):155-170.
  20. Cranin AN, Heimke G, Gelbman J, Simons A, Klein M, Sirakian A. Clinical trials with a polycrystalline alumina dental implant. *J Oral Implantol* 1993;19:221-227.
  21. Fugazzotto PA, Gulbransen HJ, Wheeler SL, Lindsay JA. The use of IMZ osseointegrated implants in partially and completely edentulous patients: success and failure rates of 2,023 implant cylinders up to 60+ months in function. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:617-621.
  22. Lill W, Thornton B, Reichsthaler J, Schneider B. Statistical analyses on the success potential of osseointegrated implants: a retrospective single-dimension statistical analysis. *J Prosthet Dent* 1993;69:176-185.
  23. Mau J. On statistics of success and loss for dental implants. *Int Dent J* 1993;43:254-261.

24. Schmitt A, Zarb GA. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants for single-tooth replacement. *Int J Prosthodont* 1993;6:197-202.
25. de Wijs FL, Van Dongen RC, de Lange GL, de Putter C. Front tooth replacement with Tübingen (Frialit) implants. *J Oral Rehabilitation* 1994;21:11-26.
26. Cordioli G, Castagna S, Consolati E. Single-tooth implant rehabilitation: A retrospective study of 67 implants. *Int J Prosthodont* 1994;7:525-531.
27. Ekfeldt A, Carlsson GE, Börjesson G. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: A retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:179-183.
28. Laney WR, Jemt T, Harris D, Henry PJ, Krogh PHJ, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: Progress report from a multicenter prospective study after 3 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:49-54.
29. Thilander B, Ödman J, Gröndahl K, Friberg B. Osseointegrated implants in adolescents. An alternative in replacing missing teeth? *European Journal of Orthodontics* 1994;16:84-95.
30. Andersson B, Ödman P, Lindvall A-M, Lithner B. Single tooth restorations supported by osseointegrated implants: Results and experiences from a prospective study after 2 to 3 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:702-711.
31. Andersson B, Ödman P, Lindvall A-M, Branemark PI. Surgical and prosthodontic training of general practitioners for single tooth implants: a study of treatments performed at four general practitioners' offices and at a specialist clinic after 2 years. *J Oral Rehabil* 1995 Aug;22(8):543-548.
32. Carter GM, Hunter KM. Six years' experience with Branemark osseointegrated implants. *N Z Dent J* 1995;91:44-48.
33. Henry PJ, Rosenberg IR, Bills IG, Chan RW, Cohen AC, Halliday KG, Kozeniauskas JA. Osseointegrated implants for single tooth replacement in general practice: A 1-year report from a multicentre prospective study. *Australian Dental Journal* 1995;40:173-181.
34. Engquist B, Nilson H, Åstrand P. Single-tooth replacement by osseointegrated Brånemark implants: A retrospective study of 82 implants. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:238-245.
35. Haas R, Mensdorff-Pouilly N, Mailath G, Watzek G. Brånemark single tooth implants: A preliminary report of 76 implants. *J Prosthet Dent* 1995;73:274-279.
36. Balshi TJ, Hernandez RE, Pyszlak MC, Rangert B. A comparative study of one implant versus two replacing a single molar. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:372-378.
37. Raghoobar GM, Batenburg RH, Vissink A, Reintsema H. Augmentation of localized defects of the anterior maxillary ridge with autogenous bone before insertion of implants. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:1180-5; discussion 1185-1186.
38. Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: A prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:450-455.
39. Avivi-Arber L, Zarb GA. Clinical effectiveness of implant-supported single-tooth replacement: Toronto study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:311-321.

40. Parein AM, Eckert SE, Wollan PC, Keller EE. Implant reconstruction in the posterior mandible: a long-term retrospective study. *J Prosthet Dent* 1997;78:34-42.
41. Kempainen P, Eskola S, Ylipaavalniemi P. A comparative prospective clinical study of two single-tooth implants: A preliminary report of 102 implants. *J Prosthet Dent* 1997;77:382-387.
42. Levine RA, Clem DS, Wilson TG, Higginbottom F, Saunders SL. A multicenter retrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: preliminary results at 6 or more months of loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:237-242.
43. Palmer RM, Smith BJ, Palmer PJ, Floyd PD. A prospective study of Astra single tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:173-179.
44. Karlsson U, Gotfredsen K, Olsson C. Single-tooth replacement by osseointegrated Astra Tech dental implants; A 2-year report. *Int J Prosthodont* 1997;10:318-324.
45. Gomez-Roman G, Schulte W, d'Hoedt B, Axman-Krcmar D. The Frialit-2 implant system: five-year clinical experience in single-tooth and immediately postextraction applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:299-309.
46. de Wijs FL, Cune MS. Immediate labial contour restoration for improved esthetics: a radiographic study on bone splitting in anterior single-tooth replacement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:686-696.
47. Norton MR. The Astra Tech Single-Tooth Implant System: a report on 27 consecutively placed and restored implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:574-583.
48. Scheller H, Urgell JP, Kultje C, Klineberg I, Goldberg PV, Stevenson-Moore P, Alonso JMN, Schaller M, Corria RM, Engquist B, Toreskog S, Kastenbaum F, Smith CR. A 5-year multicenter study on implant-supported single crown restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:212-218.
49. Andersson B, Ödman P, Lindvall A-M, Brånemark P-I. Five-year prospective study of prosthodontic and surgical single-tooth implant treatment in general practices and at a specialist clinic. *J Prosthet Dent* 1998;11:351-355.
50. Andersson B, Ödman P, Lindvall A-M, Brånemark P-I. Cemented single crowns on osseointegrated implants after 5 years: Results from a prospective study on CeraOne. *Int J Prosthodont* 1998;11:212-218.
51. McMillan AS, Allen PF, Bin Ismail I. A retrospective multicenter evaluation of single tooth implant experience at three centers in the United Kingdom. *J Prosthet Dent* 1998;79:410-414.
52. Schwartz-Arad D, Samet N, Samet N. Single tooth replacement of missing molars: a retrospective study of 78 implants. *J Periodontol* 1999;70:449-454.
53. Wannfors K, Smedberg JI. A prospective clinical evaluation of different single-tooth restoration designs on osseointegrated implants. A 3-year follow-up of Branemark implants. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:453-458.
54. Levine RA, Wilson Jr TG, Higginbottom F, Solnit G. Multicenter retrospective analysis of the ITI implant system used for single-tooth replacements: results of loading for 2 or more years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:516-520.
55. Priest GF. Single-tooth implants and their role in preserving remaining teeth: a 10-year survival study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:181-188.
56. Moberg L-E, Köndell P-Å, Heimdahl A,

- Gynther GW. Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. A prospective study of 29 patients. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:45-53.
57. Mazor Z, Peleg M, Gross M. Sinus augmentation for single-tooth replacement in the posterior maxilla: a 3-year follow-up clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:55-60.
  58. Scholander S. A retrospective evaluation of 259 single-tooth replacements by the use of Branemark implants. *Int J Prosthodont* 1999;12:483-491.
  59. Polizzi G, Fabbro S, Furri M, Herrmann I, Squarzone S. Clinical application of narrow Brånemark system implants for single-tooth restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:496-503.
  60. Romanos GE, Nentwig GH. Single molar replacement with a progressive thread design implant system: a retrospective clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:831-836.
  61. Brocard D, Barthet P, Baysse E, Duffort JF, Eller P, Justumus P, Marin P, Oscaby F, Simonet T, Benque E, Brunel G. A multicenter report on 1,022 consecutively placed ITI implants: a 7-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:691-700.
  62. Vigolo P, Givani A. Clinical evaluation of single-tooth mini-implant restorations: a five-year retrospective study. *J Prosthet Dent* 2000;84:50-54.
  63. Orenstein IH, Petrazzuolo V, Morris HF, Ochi S. Variables affecting survival of single-tooth hydroxyapatite-coated implants in anterior maxillae at 3 years. *Ann Periodontol* 2000;vol5:68-78.
  64. Mericske-Stern R, Grutter L, Rosch R, Mericske E. Clinical evaluation and prosthetic complications of single tooth replacements by non-submerged implants. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:309-318.
  65. Ericsson I, Nilson H, Lindh T, Nilner K, Randow K. Immediate functional loading of Branemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:26-33.
  66. Palmer RM, Palmer PJ, Smith BJ. A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:179-182.
  67. Johnson RH, Persson GR. Evaluation of a single-tooth implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:396-404.
  68. Naert I, Koutsikakis G, Duyck J, Quirynen M, Jacobs R, van Steenberghe D. Biologic outcome of single-implant restorations as tooth replacements: a long-term follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:209-218.
  69. Polizzi G, Rangert B, Lekholm U, Gualini F, Lindstrom H. Branemark System Wide Platform implants for single molar replacement: clinical evaluation of prospective and retrospective materials. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:61-69.
  70. Bianco G, Di Raimondo R, Luongo G, Paoleschi C, Piccoli P, Piccoli C, Rangert B. Osseointegrated implant for single-tooth replacement: a retrospective multicenter study on routine use in private practice. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:152-158.
  71. Andersson B, Taylor Å, Lang BR, Scheller H, Schärer P, Sorensen JA, Tarnow D. Alumina Ceramic Implant Abutments Used for Single-Tooth Replacement: A Prospective 1- to 3-Year Multicenter Study. *Int J Prosthodont* 2001;14:432-438.
  72. Andersen E, Saxegaard E, Knutsen BM, Haanaes HR. A prospective clinical study eval-

- uating the safety and effectiveness of narrow-diameter threaded implants in the anterior region of the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:217-224.
73. Chaushu G, Chaushu S, Tzohar A, Dayan D. Immediate loading of single-tooth implants: immediate versus non-immediate implantation. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;16:267-272.
  74. Cooper L, Felton DA, Kugelberg CF, Ellner S, Chaffee N, Molina AL, Moriarty JD, Paquette D, Palmqvist U. A multicenter 12-month evaluation of single-tooth implants restored 3 weeks after 1-stage surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:182-192.
  75. Johnson RH, Persson R. A 3-Year Prospective Study of a Single-Tooth Implant. *Prosthodontic Complications*. *Int J Prosthodont* 2001;14:183-189.
  76. Gomez-Roman G, Kruppenbacher M, Weber H, Schulte W. Immediate postextraction implant placement with root-analog stepped implants: surgical procedure and statistical outcome after 6 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:503-513.
  77. Mangano C, Bartolucci EG. Single tooth replacement by morse taper connection implants: A retrospective study of 80 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:675-680.
  78. Khayat PG, Habre Hallage PG, Toledo RA. An investigation of 131 consecutively placed wide screw-vent implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:827-832.
  79. Deporter DA, Todescan R, Watson PA, Pharoah M, Levy D, Nardini K. Use of the Endopore dental implant to restore single teeth in the maxilla: protocol and early results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:263-272.
  80. Groisman M, Ferreira HM, Frossard WM, de Menezes Filho LM, Harari ND. Clinical evaluation of hydroxyapatite-coated single-tooth implants: a 5-year retrospective study. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001 Jun-Jul;13(5):355-360.
  81. Niznick GA. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996 Jul-Aug;11(4):431-432.
  82. Johansson CB, Han CH, Wennerberg A, Albrektsson T. A quantitative comparison of machined commercially pure titanium and titanium-aluminum-vanadium implants in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998 May-Jun;13(3):315-321.
  83. Norton MR. An in vitro evaluation of the strength of an internal conical interface compared to a butt joint interface in implant design. *Clin Oral Implants Res* 1997 Aug;8(4):290-298.
  84. Merz BR, Hunenbart S, Belser UC. Mechanics of the implant-abutment connection: an 8-degree taper compared to a butt joint connection. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000 Jul-Aug;15(4):519-526.
  85. Abrahamsson I, Berglundh T, Wennstrom J, Lindhe J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1996 Sep;7(3):212-219.
  86. Puchades-Roman L, Palmer RM, Palmer PJ, Howe LC, Ide M, Wilson RF. A clinical, radiographic, and microbiologic comparison of Astra Tech and Branemark single tooth implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:78-84.
  87. Aparicio C, Orozco P. Use of 5-mm-diameter implants: Periotest values related to a clinical and radiographic evaluation. *Clin Oral Implants Res* 1998 Dec;9(6):398-406.
  88. Friberg B, Grondahl K, Lekholm U, Branemark



- PI. Long-term follow-up of severely atrophic edentulous mandibles reconstructed with short Branemark implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2(4):184-189.
89. Ivanoff CJ, Sennerby L, Johansson C, Rangert B, Lekholm U. Influence of implant diameters on the integration of screw implants. An experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997 Apr;26(2):141-148.
  90. Eckert SE, Meraw SJ, Weaver AL, Lohse CM. Early experience with Wide-Platform Mk II implants. Part I: Implant survival. Part II: Evaluation of risk factors involving implant survival. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001 Mar-Apr;16(2):208-216.
  91. Ivanoff CJ, Grondahl K, Sennerby L, Bergstrom C, Lekholm U. Influence of variations in implant diameters: a 3- to 5-year retrospective clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999 Mar-Apr;14(2):173-180.
  92. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu JF, Celletti R, Lazzara R. Small-diameter implants: indications and contraindications. *J Esthet Dent* 2000;12(4):186-194.
  93. Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontol* 1999 Dec;70(12):1523-1539.
  94. Dennison DK, Huerzeler MB, Quinones C, Caffesse RG. Contaminated implant surfaces: an in vitro comparison of implant surface coating and treatment modalities for decontamination. *J Periodontol* 1994 Oct;65(10):942-948.
  95. Eriksson RA, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *J Oral Maxillofac Surg* 1984 Nov;42(11):705-711.
  96. Yacker MJ, Klein M. The effect of irrigation on osteotomy depth and bur diameter. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1996 Sep-Oct;11(5):634-638.
  97. Iyer S, Weiss C, Mehta A. Effects of drill speed on heat production and the rate and quality of bone formation in dental implant osteotomies. Part I: Relationship between drill speed and heat production. *Int J Prosthodont*. 1997 Sep-Oct;10(5):411-414.
  98. Jochum RM, Reichart PA. Influence of multiple use of Tivedur-titanium cannon drills: thermal response and scanning electron microscopic findings. *Clin Oral Implants Res* 2000 Apr;11(2):139-143.
  99. Salvi GE, Lang NP. Changing paradigms in implant dentistry. *Crit Rev Oral Biol Med* 2001;12(3):262-272.
  100. Boioli LT, Penaud J, Miller N. A meta-analytic, quantitative assessment of osseointegration establishment and evolution of submerged and non-submerged endosseous titanium oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2001 Dec;12(6):579-588.
  101. Hammerle CHF, et al. Session F: Compromised sites. In: Lang NP, Karring T, Lindhe J, eds. *Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology Implant dentistry 1999*;467-614. Berlin: Quintessence Publ. Co.
  102. Rachmiel A, Srouji S, Peled M. Alveolar ridge augmentation by distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001 Dec;30(6):510-517.
  103. Widmark G, Andersson B, Ivanoff CJ. Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single-tooth implants. Presentation of surgical method. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997 Apr;26(2):106-109.
  104. Friberg B, Grondahl K, Lekholm U, Branemark PI. Long-term follow-up of severely atrophic edentulous mandibles reconstructed with short Branemark implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2(4):184-189.

105. Lekholm U, Sennerby L, Roos J, Becker W. Soft tissue and marginal bone conditions at osseointegrated implants that have exposed threads: a 5-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996 Sep-Oct;11(5):599-604.
106. Martinez H, Davarpanah M, Missika P, Celletti R, Lazzara R. Optimal implant stabilization in low density bone. *Clin Oral Implants Res* 2001 Oct;12(5):423-432.
107. Mayfield IJA. Immediate, delayed and late submerged and transmucosal implants. In: Lang NP, Karring T, Lindhe J, eds. *Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology Implant dentistry 1999*;520-534. Berlin: Quintessence Publ. Co.
108. Uthoff H. Mechanical factors influencing the holding power of screws in compact bone. *J Bone Joint Surg* 1973;55:633-639.
109. Branemark PI, Engstrand P, Ohrenell LO, Grondahl K, Nilsson P, Hagberg K, Darle C, Lekholm U. Branemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999;1(1):2-16.
110. Andersson B, Odman P, Carlsson L, Branemark PI. A new Branemark single tooth abutment: handling and early clinical experiences. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992 Spring;7(1):105-111.
111. van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Survival and success rates with oral endosseous implants. In: Lang NP, Karring T, Lindhe J, eds. *Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology Implant dentistry 1999*;242-254. Berlin: Quintessence Publ. Co.
112. Schnittman PA, Shulman LB. Dental implants: benefit and risk. An NIH-Harvard Consensus Development of Conference, 1980; Pub no. 81-1531. Bethesda: Department of Health and Human Services, National Institutes of Health.
113. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986 Summer;1(1):11-25.
114. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989 Nov;62(5):567-572.
115. Zarb GA, Albrektsson T. Consensus report: towards optimized treatment outcomes for dental implants. *J Prosthet Dent* 1998 Dec;80(6):641.
116. Russo SP, Fiorellini JP, Weber HP, Niederman R. Benchmarking the dental implant evidence on MEDLINE. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000 Nov-Dec;15(6):792-800.
117. Lindh T, Gunne J, Tillberg A, Molin M. A meta-analysis of implants in partial edentulism. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:80-90.
118. Creugers NH, Kreulen CM, Snoek PA, de Kanter RJ. A systematic review of single-tooth restorations supported by implants. *J Dent* 2000;28:209-217.
119. Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent*, 1999 May;81(5):537-552.

-Abstract-

## A literature review on the survival rate of single implant-supported restorations

Moon-Taek Chang

Department of Periodontology Institute of Oral Bio-Science School of Dentistry,  
Chonbuk National University

Implant material, implant design, surface quality, status of the bone, surgical technique, and implant loading conditions were regarded as prerequisites for osseointegration which is a prime condition for implant success. The aim of this review paper was to investigate the survival rate of single implants in relation to the prerequisites for osseointegration.

Fifty-eight papers reporting survival rates of single implants were selected by use of the 'PubMed' and hand searching. The survival rate of single implants were assessed with reference to factors influencing osseointegration.

The results showed that single implants in general showed a high survival rate except a few failures in certain extreme conditions and early stages. Those failures and complications such as screw loosening and esthetic problem were almost solved with the development of implant components and surgical techniques and a better understanding of biology around a single implant. Single-tooth implant-replacement is now considered as a reliable and predictable treatment option for a single missing tooth and its application seems to expand to compromised situations which were previously thought to be impossible for single implant therapy.

---

Key words : single-tooth, dental implant, review article, survival rate