creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-동일조건변경허락 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.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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

dCollection

치의학석사 학위논문

치주인대 재생 유도 임플란트에 대한 전망

Prospect of the implant inducing periodontal ligament regeneration

2014년 2월

서울대학교 치의학대학원

치의학과

심 승 기

치주인대 재생 유도 임플란트에 대한 전망

지도교수 백 정 화

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함

2013년 10월

서울대학교 치의학대학원
치의학과
심 승 기

심승기의 석사 학위논문을 인준함
2013년 11월

위 원 장 _____ 우 경 미 _____ (인)

부위원장 _____ 백 정 화 _____ (인)

위 원 _____ 류 현 모 _____ (인)

국문초록

임플란트는 상실치 수복에서 우선적으로 고려되는 뛰어난 치료 방법의 하나이다. 그러나 임플란트는 자연치와 비교하여 몇 가지 근본적인 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 치주인대의 결여에 기인한 임플란트의 태생적 한계를 개선하기 위해 현재 진행되고 있는 연구를 고찰하여 신개념 임플란트에 대한 전망을 제시하고자 하였다. 이를 위해 현재 사용되고 있는 임플란트의 장단점, 치주인대의 해부조직학적 구조 및 기능, 임플란트에 치주인대의 재생을 유도하기 위해 진행되어온 연구 및 현행 연구를 보완하기 위해 앞으로 추가적으로 진행되어야 할 연구 방향과 관련하여 문헌조사를 진행하고 이를 정리하였다. 임플란트는 치주인대가 존재하지 않기 때문에 치주인대의 재생 기능, 감각 기능을 활용할 수 없다. 또한 치주인대의 항상성 유지 기능이 없고 뼈와 임플란트가 직접 유착되어 있기 때문에 임플란트의 생리적 이동 및 교정적 이동이 불가능한 한계를 가지고 있다. 근래에 임플란트에 치주인대를 접목시킨 새로운 개념의 임플란트에 대한 연구가 진행되고 있으며, 임플란트에 치주인대 기능을 부여하기 위한 방안으로 크게 두 가지 방법이 제안되고 있다. 첫 번째는 조직공학적인 방법으로 실제 인체의 치주인대를 임플란트 주변에 발생시키는 것이며 두 번째는 치주인대의 기능을 면밀히 분석하고 이를 모사할 수 있는 인공 치주인대를 개발하여 임플란트의 설계에 포함하는 생체모방적 접근이다. 아직 인공 치주인대를 만드는 시도는 요원하다고 할 수 있으나 전자공학과의 연계 등 다학제적 접근을 통해 감각신경 기능을 모방할 수 있고 전기적 신호 조절을 통해 임플란트 주변 치조골의 대사를 조절하여 임플란트의 교정적 이동을 유도할 수 있는 인공 치주인대를 임플란트에 접합시킨다면 현행 임플란트의

단점을 개선할 수 있을 것이다. 그리고 장기적으로 이 두 가지 접근 방법이 융합된 신개념 치주인대 재생 유도 임플란트를 개발하는 것은 새로운 치의학 발전 방향이 될 것이라고 생각한다.

주요어 : 치주인대 재생, 임플란트, 조직공학, 기능모방 인공치주인대
학 번 : 2010-22473

목 차

제 1 장 ····· 1

제 2 장 ····· 3
제 1 절 ····· 3
제 2 절 ····· 5
1. ····· 5
2. ····· 6
3. ····· 6
4. ····· 12
제 3 절 ····· 15
1. ····· 15
2. ····· 18
제 4 절 ····· 19
1. ····· 19
2. ····· 21
3. ····· 22
제 5 절 ····· 25

제 3 장 결론 ····· 26

참고문헌 ····· 28
Abstract ····· 35

제 1 장 서론

현대 치의학의 화두로 상실치를 인공치로 대체하는 임플란트 술식을 빼놓을 수 없다. 임플란트는 상실 치아의 수복에서 여타 가철성 의치가 갖지 못하는 장점을 갖는다. 또한 인접치의 삭제가 불필요하여 고정성 의치의 단점을 보완할 수 있다.[1] 현재 치과 수입의 큰 비중을 차지하고 있는 것까지 고려하지 않아도, 임플란트를 거부할 만한 타당성을 찾기는 힘들다고 생각한다. 임플란트 술식의 보편화는 뛰어난 예견성과 직관성을 바탕으로 여러 복잡한 치아 결손 증례에 대한 보철을 용이하게 하였다. 그러나 임플란트가 적응되는 모든 증례에 반드시 임플란트가 최선의 방안인 것은 아니다. 특히 자연치를 최대한 보존하고자 하는 노력없이 임플란트를 우선적으로 고려하려는 태도는 바람직하지 못하다. 임플란트 역시 태생적인 한계를 지니고 있으며, 이러한 한계가 곧바로 임플란트 시술 중단으로 이어지지는 않고 있지만 이러한 한계를 극복하는 새로운 치료 술식에 대한 연구는 계속되고 있다. 새로운 치료 술식은 현재 사용되는 임플란트에 대한 약간의 보완일 수도 있고 그야 말로 새로운 패러다임일 수도 있다. 더욱이 21세기의 과학기술이 갖는 큰 기대 중 하나인 줄기세포 기술이 임플란트를 대체하게 될 지도 모른다.[2]

임플란트가 치의학의 패러다임을 이끌고 있는 이 시점에서 자연 치아 및 치주 조직의 보존이 갖는 의미를 고찰할 필요가 있다. 이를 통해 '자연 치아 살리기 운동'보다 더 나아가 자연치아와 비교하여 임플란트가 갖는 태생적 한계를 규명하고 이를 보완하여 새로운 패러다임으로의 방향을 제시할 수 있을 것이다. 이 논문에서는 현행 임플란트 시술이 갖는 한계점을 정리하고, 이의 극복을 위해 현재까지 진행되고 있는 연구내용들을 검토하여 임플란트 단점을 보완하기 위해 시도될 수 있는 방안들을

제시하고자 한다. 특히 자가 치아 이식을 보완하여 임플란트에 적용할 수 있는 방법을 고려하고자 하며, 치아재생에서 가장 중요한 부분이라 할 수 있는 치주인대[3]를 임플란트에서도 활용할 수 있는지 고찰하고자 한다. 이를 위해 치주인대 및 치아 주위 조직의 발생, 조직, 생리학 등의 기초 지식을 정리하고, 열린 관점에서 치주인대를 활용한 새로운 개념의 임플란트 방안을 제시할 것이다. 이 과정에서 현재 진행되고 있는 연구들의 상황도 파악하고 새로운 방안들의 타당성과 가능성에 대해서도 평가할 것이다.

제 2 장 본론

제 1 절 임플란트의 단점

임플란트는 치아 상실부위에 인공치를 대신하여 식립한다는 본질적인 예견성을 갖고 있는 치료법이라고 할 수 있다.[4] 상실치를 대체하기 위해 사용되었던 전통적 금관가공의치 시술과 달리 임플란트 식립과 보철은 인접치의 삭제가 불필요한 장점이 있다. 임플란트 치료는 구강외과학, 치주학, 보철학 분야 등에서 다방면으로 연구되어 왔으며, 수십년간의 임상 증례가 축적되어져 가고 있다. 따라서 학문적 관점에서 뿐 아니라 실제 임상에서의 적용에서 임플란트가 갖고 있는 장점에 대해서는 더 이상 강조할 필요가 없을 것이라 생각된다.[5]

상실치 수복에 대한 현재의 치료 방법들 중 우위를 차지하고 있는 임플란트임에도 불구하고 단점은 분명히 존재한다. 무엇보다 현재의 임플란트는 자연치가 아니기 때문에 자연치와 비교해서 여러 태생적인 한계들을 가지고 있다. 이와 관련하여 임플란트 시술에 대해 경각심을 갖고 보존적인 입장에서 치료를 하고자 하는 '자연치아 살리기' 운동이 치과계에서 또 하나의 트렌드가 되고 있다. 이는 보존, 근관치료 및 치주치료 등과 같은 임플란트 이외의 치료법을 더 개선하고 꼭 필요한 경우에만 임플란트를 식립하고자 하는 취지라고 할 수 있다.[6] 임플란트를 대체하기 위한 한 가지 방법으로 환자가 가지고 있는 제 3대구치 등과 같은 자가 치아를 상실부위에 옮겨 이식하는 자가 치아 이식술은 이미 임상적으로도 활발히 시행되고 있다. 상실치 수복에 있어서 자가 치아 이식의 장점은 주로 자연치의 치주인대를 보존할 수 있다는 데에서 기인하는 것이

다. 그러나 자가 치아 이식을 위해서는 공여부가 필수적이라는 점 때문에 상실치 수복에 대한 첫 번째 치료 방법으로 생각하기는 어렵다고 할 수 있을 것이다. 또한 아직까지 알려진 지식이 적고 앞으로 더 많은 연구와 임상 증례가 필요한 분야라고 할 수 있다.[7)]

자연치아나 자연치아의 치주 조직을 보존하고자 하는 노력은 현재의 임플란트에는 이들을 살릴 수 있는 근거가 전혀 없기 때문이라고 할 수 있다. 임플란트와 뼈 계면 사이에는 연조직의 개재가 전혀 없는 골유착이 이루어지는 것이 임플란트의 성공 기준이기 때문에 현재의 임플란트에는 자연치아의 치주조직이 포함될 수 없다.[8)] 치주인대가 없기 때문에 임플란트에서는 치주인대의 기능을 활용할 수 없다. 이는 치주인대로부터 기인하는 치주조직의 재생 기능, 감각 기능, 그리고 치아의 이동에 관여하는 항상성 유지 기능으로 나누어 볼 수 있다.[9)]

재생 기능이 없기 때문에 이식부위에 잔존골의 양이 적거나 골질이 불량한 경우에는 식립 전에 골 이식을 통한 재건술이 필요하다.[10)] 또한 치주인대의 감각 기능을 활용할 수 없어서 자연치와 비슷한 정도의 감각 기능을 기대할 수 없다.[11)] 그리고 임플란트가 뼈와 직접 유착되어서 교정적 치아이동이 불가능하며 다른 자연치열의 생리적 운동과도 조화될 수 없다.[7)]

이제는 임플란트에 치주인대가 결여되기 때문에 임플란트를 제한적으로 사용하고 치주인대를 살릴 수 있는 보존적 방법을 이용해야 한다는 주장과는 별개의 논의가 필요한 시점이다. 고전적 골유착의 견지에서 보면 연조직인 치주인대가 개재되지 않는 것이 당연하다. 그렇지만 관점을 바꾸어 임플란트에 치주인대가 포함되도록 한다면 임플란트의 단점을 보완할 수 있을 것이란 기대가 생긴다. 현재의 임플란트 또는 자연치아 살리기 운동 등의 관점을 벗어나 치주인대를 포함시키는 새로운 개념의 임플란트의 가능성에 대해 고려해 보는 것이 필요한 시점이라고 생각한다.

우선 치주인대의 해부조직학적 구조와 기능을 더 자세히 알아볼 필요가 있다.

제 2 절 치주인대

치주인대는 치아를 치조골과 연결시켜주는 인대라고 할 수 있다. 치주인대를 비롯한 치아와 주위조직의 발생, 치주인대의 조직학, 치주인대의 생리학적 의미를 먼저 고찰해 볼 필요가 있다.

1. 치아와 치아주위 조직의 발생

치아와 치주조직의 유래는 대부분 외배엽성 중배엽이다. 신경능 유래 간엽으로부터 법랑질을 제외한 치아와 치주조직의 발생이 시작된다. 가장 먼저 치낭과 치아유두의 발생이 시작된다. 치아 유두의 최외측에 존재하는 세포가 내법랑상피세포의 유도에 의해 조상아세포로 분화한다. 조상아세포로부터 상아질이 형성된다. 상아질과 치수는 발생학적 뿐 아니라 기능적으로나 조직학적으로도 하나의 복합체로 간주할 수 있다. 법랑질은 내법랑상피세포가 조법랑세포로 분화하여 만들어 낸다.[12)]

치아 주위조직은 백악질, 치주인대, 고유 치조골을 포함한다. 이들은 치근부의 상아질이 치근단 쪽으로 발생하는 시기에 상아질 표면으로 이주하는 치낭세포의 작용에 의해서 발생된다.[13)]

2. 치주인대의 발생

초기에 치주인대의 공간은 조직화되지 않은 결합조직이 채우고 있다. 이들은 백악질 표면과 뼈를 향해 짧게 뻗어있는 섬유다발이다. 치아 주위조직의 발생이 진행되면서 중간엽세포로부터 교원질 섬유의 분비가 시작된다. 대부분 I형인 이 교원질 섬유들이 치아와 뼈 사이의 부착을 이룬다. 주위의 공간을 유지하기 위해 비교원질의 단백질도 계속해서 분비된다.[14)]

치주인대의 부착 상태는 치아의 맹출 및 대합치와의 교합과 더불어 변화한다. 맹출 전 치조골 능선은 백악법랑경계보다 상방에 위치하며 치주인대 섬유는 치근단을 향하여 경사지어 주행한다. 맹출이 진행될수록 치조골 능선은 점점 그 위치가 낮아지게 된다. 마침내 치조골 능선이 백악법랑경계와 일치하게 되면 치주인대 섬유의 주행이 평행한 방향이 된다. 치아가 대합치와 교합을 하게 된 이후에는 치조골 능선이 치아의 치근단부에 더 가까워지고 그 결과 치주인대 섬유는 맹출 전과는 반대로 치관을 향하여 경사지어 주행하게 된다. 치아의 교합이 시작된 이후부터 치주인대 섬유의 두께가 현저하게 두꺼워진다.[15)]

3. 치주인대의 구성 요소

치주인대는 다음과 같은 다양한 요소로 구성된다.

1. 세포

1) 섬유모세포

2) 조골세포와 파골세포

3) 조백악세포

4) 미분화간엽세포

5) 상피세포

2. 세포외 바탕질

1) 섬유

(1) 교원섬유

(2) 옥시탈란섬유

2) 바탕질

3-1. 세포

치주인대에는 상피세포와 조골세포, 파골세포, 조백악세포 및 섬유모세포와 이들의 전구체가 되는 미분화간엽세포 등의 세포 성분이 존재한다. 이들 중 섬유모세포가 가장 큰 비율을 차지한다.

3-1-1. 섬유모세포

섬유모세포는 교원질 다발의 주행방향과 평행하게 배치한다. 섬유모세포는 방추형 세포이며 핵은 난원형이다. 치주인대가 인대로서의 기능을 담당할 수 있게 하는 데에는 섬유모세포의 역할이 필수적이라고 할 수 있는데 이는 섬유모세포가 교원질 섬유를 합성하는 역할을 하기 때문이다. 그 뿐 아니라 섬유모세포는 교원질을 파괴하는 기능도 가지고 있다. 치주인대 내의 교원질은 정적으로 존재하지 않고 생성과 파괴를 반복하며, 이러한 교체 속도가 체내 다른 조직에 비해 매우 높은 것이 특징이다.[16] 섬유모세포의 기능이 저하된 질환인 엘러스-단로스 증후군에서는 교원질이 충분히 합성되지 못하여 치주인대를 비롯한 치주조직이 치아를 적절히 지지해주지 못하므로 무치악 비율이 높게 나타난다.[17]

생체외 실험 결과들은 사람의 치주인대에 존재하는 섬유모세포가 조골세포와 비슷한 표현형을 가지고 있음을 보여주며, 섬유모세포가 조골세포나 조백악세포로 분화할 수 있는 있음을 보여준다. 이는 치주인대가 치조골 재생에 중요한 역할을 담당할 것을 시사한다.[18]

3-1-2. 조골세포와 파골세포

치주인대에 존재하는 조골세포는 치조골표면을 덮고 있는 상태로 발견된다. 파골세포는 주로 골의 흡수가 일어나는 부위인 Howship 소와에서 발견된다. 두 세포는 서로 상호작용을 하며 뼈의 재형성 기전에 관여한다.[19] 치주인대에서 일어나는 주된 대사는 섬유모세포와 조골세포의 활성과 관련되어 있다. 섬유포세포로부터 조골세포가 분화될 수 있다는 증거를 감안하면 섬유모세포 활성과 조골세포 활성에 대한 이해는 치주인대의 재생 기능을 이해하고 활용하는데 필수적인 요소라고 할 수 있을 것이다.[20]

3-1-3. 조백악세포와 백악질흡수세포

치주인대에서 조백악세포는 치주인대 쪽의 표면을 덮고 있는 백악질에서 발견할 수 있다. 조백악세포가 조골세포의 일부분인지 아니면 별개의 세포인지는 아직 논란의 여지가 있다. 치주인대에서 발견되는 조백악세포와 조골세포는 치주인대의 재생 능력에 중요한 부분을 차지한다고 할 수 있다.[21)]

지속적으로 재형성되는 뼈와 달리 사람의 백악질은 발생과정이 끝난 이후에는 생리적으로는 재형성되지 않는다. 따라서 평소에는 백악질흡수세포가 관찰되지 않는다.[21)] 그러나 치아에 과도한 교정력이 가해지는 등의 병적인 상태에서는 백악질흡수세포가 나타나는 것을 확인할 수 있다.[22)]

3-1-4. 미분화간엽세포

치주인대에서 미분화간엽세포는 주로 혈관 주변에 위치한다. 세포의 크기는 작으며 세포질도 적게 포함한다. 섬유모세포, 조골세포, 조백악세포 등이 미분화간엽세포로부터 분화할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그렇지만 이들 세포의 분화과정은 아직 명확히 알려지지 않았다.[23)]

치주인대에 자가복제가 가능하며 다형성능이 있는 미분화간엽세포가 존재하기 때문에, 치주인대 세포는 조직공학적 재생술식에서 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대되고 있다.[24)]

3-1-5. 상피세포

치주인대에 존재하는 상피세포는 Malassez 상피잔사로 알려져 있다. 이들은 치아와 치주조직의 발생과정 중의 Hertwig 상피근초의 잔유물로 치근의 백악질 표면 가까이에서 발견된다. 치주인대 내의 Malassez 상피잔사의 자세한 해부학적 지식과 생리학적 역할 등에 대한 연구는 계속해서 흥미로운 주제이다.[25] 예를 들어 치근단 부위에 염증이 존재할 시에 치주인대 내 Malassez 상피잔사의 증식을 관찰할 수 있다. 이 세포들의 증식으로 치근단 낭이 발생될 수 있다. Malassez 상피잔사는 치근단 낭의 특징적인 내피 세포를 형성하는 역할을 한다.[26] 또한 Malassez 상피잔사는 치근을 흡수로부터 보호하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이는 치아에 외력을 가하는 교정 치료 시에 중요할 것이다. 그러나 가해지는 외력이 Malassez 상피잔사의 보호 능력을 벗어날 정도로 과도한 경우에는 치근 흡수가 일어나게 된다.[27]

3-2. 세포외 바탕질

치주인대에는 특징적으로 세포외 바탕질에 주로 섬유모세포에 의해 만들어지는 섬유가 존재한다. 섬유를 제외한 부위는 무형질로 채워져 있다.

3-2-1. 섬유

치주인대 내에 존재하는 섬유에는 교원섬유와 옥시탈란 섬유가 알려져 있다. 치주인대 내의 섬유들은 치아와 치주조직에 부하가 가해질 때 혈관과 혈관외액의 흐름에 의해 움직임이 결정된다는 탄성혈관계 이론이 가장 널리 받아들여진다.[28)]

3-2-1-1. 교원섬유

치주인대에서 주로 발견되는 교원섬유는 제 I형 교원질이다. 이는 피부, 뼈, 인대나 상아질 같은 결합조직에서 주로 관찰되는 단백질이다. 반면에 20%정도의 교원섬유는 제 III형 교원질이다. 두 가지 종류의 교원질 분자는 다양한 비율로 이루어진 혼합 섬유를 형성한다.[29)]

교원섬유들은 명확한 섬유다발을 형성하여 배열되어 있지만 문합을 자주 형성하여 경계가 복잡하다. 부하가 가해지는 방향에 관계없이 항상 어떤 부분의 교원섬유는 장력 하에 놓이게 된다. 치주인대 전체적으로는 교원섬유의 형태와 기능이 지속적으로 유지되지만 개개의 섬유다발을 놓고 보면 섬유모세포의 활성에 의해 생성과 흡수를 반복하고 있다. 이러한 점들 덕분에 섬유다발은 지속적으로 주어지는 힘에 맞추어 적응할 수 있게 된다.[30)] 치주인대 내에서의 위치에 따라 교원섬유의 주행 방향은 달라진다. 섬유다발의 양 말단은 각각 백악질과 골에 묻혀 있다. 말단의 묻혀 있는 부위를 Sharpey 섬유라 부른다.[31)]

3-2-1-2. 탄성섬유

탄성섬유는 미세섬유와 엘라스틴 함량에 따라 조직에 완충능과 유연성을 제공한다. 치주인대에 존재하는 탄성섬유는 옥시탈란섬유이다. 옥시탈란섬유에는 엘라스틴이 포함되어 있지 않다. 대체로 치근의 백악질 표면으로부터 치근단을 향하여 주행하면서 주변 치근을 그물망 모양으로 둘러싼다.[32] 옥시탈란 섬유는 혈관을 지지하고 혈류를 조정하는 역할도 하는 것으로 여겨지고 있다. 또한 교합압이 적용될 때 옥시탈란 섬유는 교원 섬유와 유사한 방법으로 치주인대에 가해진 장력을 풀어주는 역할을 한다.[33]

3-2-2. 무형질

세포외 바탕질에서 섬유를 제외한 부분은 무형질로 채워져 있다. 무형질의 주된 성분은 글리코스아미노글리칸이다. 치주인대의 경우 더마탄설페이트가 주요한 글리코스아미노글리칸이다. 치주인대의 무형질의 70% 정도는 물로 채워져 있다.[34]

치주인대의 무형질은 치아에 가해지는 힘에 저항하는 역할을 하며, 이때 무형질에 함유되어 있는 물이 중요한 역할을 할 것으로 여겨지고 있다. 염증이 존재하거나 손상 받은 부위의 치주인대 무형질에서는 조직액의 양적 증가가 나타난다.[35]

4. 치주인대의 혈관 및 신경 분포

4-1. 미세혈관계

치아의 혈액공급을 살펴보면 주된 공급원인 치동맥으로부터 치조와간동맥이라는 분지가 나온다. 이 분지로부터 수평으로 주행하여 치주인대로 들어가는 혈관을 천공동맥이라고 한다. 이들 동맥은 풍부한 모세혈관총을 형성한다. 또한 임파혈관계도 존재하며 역시 정맥과 함께 치조임파관으로 흘러간다.[36] 이러한 미세혈관계는 치주인대의 특수한 역할을 가능하게 하는 체계라고 할 수 있다. 치주인대의 풍부한 혈관분포로 인해 섬유모세포의 빠른 교체속도가 가능하게 되어 교원질 합성과 분해가 높은 수준에서 유지될 수 있다.[37]

4-2. 신경계

치주인대에는 수초로 둘러싸인 굵은 섬유의 고유체위감각섬유가 분포한다. 이 신경섬유는 특수한 종말 형태를 가지는 기계적 수용기로 치주인대의 주섬유 근처에서 종말한다. 이들은 치주인대에서 접촉, 압박을 감지하도록 하며 고유수용(proprioception)을 가능하게 한다. 이로써 치아사이의 이물질이 존재할 때 이 위치를 가늠할 수 있게 된다.[38] 치수에는 이러한 고유체위감각섬유가 존재하지 않아 치수 통증이 있는 경우는 정확히 어느 부위가 통증의 원인인지 알 수 없다. 그렇지만 치주인대의 염증 시에는 염증부위를 감각으로 매우 정확하게 진단해 낼 수 있다.[39]

치주인대는 하치조신경과 상치조신경에서 갈라져 나와 주행하는 치조신경과 치조간 및 치근간신경에서 지배한다. 치근단의 신경지배는 치조분지에서 이루어진다. 측면에 위치한 치주인대의 신경지배는 치조간신경에서 이루어진다. 그리고 구치부의 치근분지부에 존재하는 치주인대의 신경지배는 치근간신경이 담당한다.[36]

5. 치주인대의 기능

치주인대가 치아와 치조골을 연결하는 기능은 앞서 언급한 교원질 섬유에 의한 기계적인 기능이라 할 수 있다. 적절히 배열된 여러 종류의 섬유가 치아에 가해지는 외력을 치조골에 분산시켜주는 역할을 한다.[40] 그 밖에 치주인대의 기능에는 조백악세포, 조골세포 및 파골세포 등에 의한 백악질과 치조골의 형성과 파괴의 조절에 기초한 재생 기능이 있다.[41] 또한 치주인대에 존재하는 신경섬유의 특성에 기인하는 감각 기능을 들 수 있다.[38] 치주인대의 항상성 유지 기능은 치아의 생리적 이동과 교정적 이동을 가능하게 해준다.[42]

치주인대의 기능은 치주인대를 임플란트에 접목시키고자 할 때 매우 중요한 부분이라 할 수 있을 것이다. 이 논문에서는 후반부에 치주인대의 기능을 어느 정도까지 새로운 임플란트에서 재현해 낼 수 있는지 고찰하고자 하며, 그 때 치주인대의 기능을 재생, 감각 그리고 항상성 유지 기능으로 나누어 조명하려 한다.

제 3 절 치주인대 접목 임플란트

임플란트에 치주인대 기능을 부여하는 방안에는 크게 두 가지가 있을 수 있다. 첫 째는 조직공학적인 방법으로 실제 인체의 치주인대를 임플란트 주변에 발생시키는 것이다. 활발한 치아 재생 연구와 더불어 치주인대만을 임플란트 주위에 자라나도록 하는 연구가 이미 시도되고 있다. 두 번째 방법으로는 치주인대의 기능을 면밀히 분석하고 이를 모사할 수 있는 인공 치주인대를 개발하여 임플란트의 설계에 포함하는 생체모방적 접근이다.

1. 조직공학적 접근법

첫 번째 방법으로 언급한 조직공학적 접근법은 최근의 비약적인 조직공학의 발전과 더불어 이미 시도되고 있는 방법으로 임플란트 주변에 치주인대를 조직공학적인 방법으로 이식하는 치료 술식은 치아 상실 치료의 새로운 대안으로 떠오르고 있다.

1990년대 초에 Buser 등[43]은 잔존치근 끝부분과 접촉하여 티타늄 임플란트를 식립하면 잔존치근의 치주인대가 임플란트 표면에 모여들 세포들의 근원지로 작용할 수 있음을 확인하였다. 이 후 조직공학적인 방법으로 임플란트 주변에 치주인대와 같은 치아주위조직을 재생시키려는 시도들이 있어 왔다.

Lin 등[44]은 쥐의 자가 치주인대 세포를 이용하여 구치부 치근부위에 티타늄 표면에서 치주인대를 재생시키고자 하였다. Matrigel을 이용하여

티타늄-임플란트-치조골에서 치주인대 세포가 재생되도록 하였다. 그 결과 치주인대 세포를 이식한 실험 임플란트 중 약 10%에서 백악질과 비슷한 물질이 발견되었고, 임플란트 표면에 수직인 섬유들이 관찰되었다. 이렇게 얻어진 치주인대 세포들은 높은 증식률, 복제성을 가졌고 티타늄 임플란트 표면에 백악질양 물질을 많이 만들어냈다. 또한 임플란트에 수직으로 삽입되는 Sharpey 섬유도 관찰되었다.

Gault 등[45]은 티타늄 핀 위에 아파타이트를 코팅하고 그 위에 치주인대 유래 세포들을 배양하여 몇 층의 세포층을 형성시킨 뒤에 티타늄 핀을 생쥐와 흰쥐 치조골에 식립한 결과 부작용 없이 빈 공간에 뼈가 채워지는 것을 확인하였다. 이를 ligaplant라 명명하였다. 또한 개 모델에서는 전형적인 인대와 같은 형태로 세포들이 배열되는 것을 조직학적으로 확인한 바 있다. 사람 8명을 대상으로 한 실험에서는 탐침과 이동성 평가를 통해서 식립된 임플란트가 자연치와 유사한 기계적 성질을 갖는 것을 확인하였다. 방사선 사진으로 치조골의 재생과 치조백선의 발달도 확인할 수 있었다. 이는 임플란트 주위에 치주인대가 새롭게 형성되었다는 것을 보여주었다. 그러나 8개의 ligaplant 중에 3개는 4년 넘게 유지되었고, 2개는 1년 넘게 유지되었으나 나머지 3개는 그 전에 모두 제거되었다. 주요한 실패 원인은 기계적 부하에 대한 안정성 부족으로 여겨지며 이러한 단점에 대해서는 추가적 연구를 통해 개선이 필요할 것으로 생각되었다.

이와 같은 접근들은 모두 임플란트를 치조골에 매식하는 것과 마찬가지로 임플란트 주변에 치주인대가 매식되기를 기대하는 방법이라는 점에 착안해서 이를 치주인대 매식 임플란트라 명명할 수 있을 것이다. Gault 등[45]은 ligaplant라 명명하고 있으며 다른 논문들에서는 periodontal ligament on implant라 명하고 있다. 이 논문에서는 앞으로 치주인대 매식 임플란트로 표현하고자 한다. 앞으로 더 많이 활성화된다면 치주인대 임플란트라는 용어를 써도 혼동이 생기지 않는 시기가 올 수도 있을 것

이라 생각한다.

치주인대 매식 임플란트를 위한 수술적 절차는 복잡하지 않은 것으로 생각된다. 이는 전통적인 임플란트에서와 달리 치주인대 매식 임플란트에서는 긴밀한 골유착이 요구되지 않는데서 기인한다. 오히려 치주인대의 재생능력을 이용하여 뼈이식이 요구될 정도로 큰 치주적 결함이 존재하던 부위에 뼈이식 없이 식립이 가능하게 되어 수술 절차를 간소화하게 될 수도 있다.[46)]

이제는 치주인대와 티타늄 계면 사이의 관계로 관심이 옮겨볼 필요가 있다. 티타늄 임플란트의 표면의 거칠기가 증가하면 골유착과 세포부착이 증가한다. 그동안은 이러한 표면에서 조골세포나 간엽세포 등의 유도는 많이 연구되었지만 치주인대 세포와 티타늄 표면간의 상호작용에 대해서는 아직 많이 알려지지 않았다.[47)] 치주인대 임플란트에서는 전통적인 골유착이 일어나지 못한다. 치주인대의 재생 능력에 의존하는 새로운 개념의 임플란트라 할지라도 자연치가 아닌 임플란트를 매식한다는 점에서 티타늄 합금 표면 처리 방법에 대한 계속된 연구가 필요하다. 최근 Hakki 등[48)]은 티타늄 합금을 4 가지로 표면처리하고, 그 위에서 치주인대 세포의 분화, 형태, 광화 및 관련 mRNA 발현 양상을 연구하였다. 임플란트 표면은 각각 smooth (S), sandblasted small grit(SSG), sandblasted large-grit (SLG)와 sodium titanate (NaTi)로 처리되었고 각각의 표면에 치주인대 세포를 배양하였다. 6일과 10일 째 세포 증식은 모든 표면에서 비슷하게 나왔지만 13일 째에는 NaTi 표면 처리군에서 S 군에 비해 세포 증식이 유의하게 감소하고 대신 Bone Sialoprotein, Runx2 같은 유전자 발현이 증가하며 광화도 증가한 것으로 나타났다. 이 논문에서 저자들은 NaTi 처리가 SSG와 SLG 처리에 비해 PDL ligament-anchored implants에 바람직한 환정을 제공할 것이라고 제시하였다. 치주인대를 임플란트 주위에 매식하여 자연치를 모방하고자 하는 개념의 임플란트의 식립 후 기계적 안정성을 성공적으로 장기간 유지하

기 위해서는 치주인대 세포의 매식을 위한 최적의 임플란트 표면에 대한 추가적 연구가 필수적이라 생각되며, 치주인대 임플란트에서의 티타늄 표면은 전통적인 roughness-target의 표면처리가 아닌, progenitor-target의 조직공학적 표면처리가 될 것이라 생각한다.[49]

2. 기능 모방 인공 치주인대의 개발

조직공학적 방법을 이용하여 치주인대를 재생시켜 임플란트 주위에 붙여 함께 이식하는 방법에 대한 연구 흐름과는 별도로 치주인대를 대체하는 인공물을 만드는 것을 고려할 수 있을 것이다. 인공 치주인대는 자연치의 치주인대가 갖는 몇 가지 중요한 기능들을 모방할 수 있어야 한다. 치주인대의 주된 기능을 감각 기능, 재생 기능과 항상성 유지 기능으로 나누어 볼 때에 이 기능들을 최대한 모방할 수 있는 방향의 인공 치주인대를 개발할 수 있어야 할 것이다.

생체 세포의 활성을 활용하는 조직공학적인 방법을 이용하지 않는 기능 모방 인공 치주인대를 개발하는 시도는 아직 요원하다고 할 수 있다. 단순히 치의학이나 생명공학적 관점을 뛰어 넘어서 전자공학이나 재료공학 등과 같은 생명공학이외의 공학에서 주로 이루어지는 신재료의 개발 과정이 치의학에 접목되어야 한다고 생각된다. 기능 모방 치주인대의 개발은 분명 다학제적 접근에서 시도되어야 할 과제라고 할 수 있다.

제 4 절 기능적 가능성 고찰

임플란트 치료의 새로운 개념인 치주인대 임플란트가 기존의 임플란트와 비교하여 가질 수 있는 이점들을 고찰해보아야 한다. 앞서 언급하였던 임플란트의 단점, 즉 치주인대가 결여되어 있기 때문에 필연적으로 갖고 있던 단점이 고려 대상이 된다. 현재의 임플란트는 치주인대가 담당하는 몇 가지 기능들을 활용할 수 없어 자연치에 비해 열등한 부분이 있다. 새로운 치주인대 임플란트는 이러한 치주인대의 기능이 얼마나 대체 가능한지의 관점에서 평가되어야 한다. 임상적으로 가장 중요한 치주인대의 기능으로 재생기능, 감각기능, 항상성 유지기능을 들 수 있을 것이다. 이 세 가지 측면에서 치주인대 임플란트가 이들 기능을 얼마나 재현시킬 수 있을지 그 가능성을 고찰해 보아야 한다. 이 때 조직공학적인 방법으로 재현한 치주인대 임플란트와 기능 모방 인공 치주인대를 이용하는 방법 두 가지를 비교하면 더욱 유익할 것이다.

장기적인 측면에서 조직공학적인 방법과 더불어 기능을 모방하는 인공 치주인대의 개발이라는 두 가지 방법이 융합된 신개념 치주인대 임플란트의 개발은 새로운 치의학 발전 방향이 될 것이라 생각한다.

1. 치주인대의 재생 기능

치주인대가 없으면 자연치에서 치주조직의 재생이 일어나지 않음은 널리 알려져 왔다. 이미 1980년에 Nyman 등[41]은 개와 원숭이에서 인위적으로 치주질환을 만든 치근을 상피가 침입하지 않은 상태에서 아래쪽 반은 치조골 내에, 위쪽 반은 결체조직내에 위치하도록 이식한 뒤에 치유

여부를 조사하였다. 그 결과 치주인대가 있는 치근부에서만 결체조직 부착이 일어나고 치주인대가 없는 치근부에서는 재생이 없이 치근흡수가 나타나는 것을 확인하였다.

치주인대의 재생 기능은 자가 치아 이식 시에도 이식된 치아가 수여부에 온전히 이식되고 주변의 치주조직이 재생되는 데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이는 주로 치주인대 내의 미분화간엽세포의 증식능과 분화능에 의한 것이라고 할 수 있다. 그 밖에 치아와 치주 조직 재생을 위한 조직공학적인 방법들에서 치주인대가 중요한 역할을 하는 것이 널리 알려지고 있다.[50)]

임플란트에는 치주인대가 없기 때문에 식립후 이러한 재생을 기대할 수 없다. 따라서 수여부위에 잔존골이 충분하지 못한 경우에는 뼈이식과 차폐막을 이용한 추가적인 술식이 필수적이다.[51)] 조직공학적인 방법으로 치주인대를 매식한 임플란트의 경우에는 치주인대의 재생 기능을 활용할 수 있는 가능성이 있다. 앞서 언급한 것처럼 치주인대 매식 임플란트 식립 술식에서는 뼈이식과 같은 과정이 없이도 성공적인 식립 성공률을 보이고 있다. 치주인대의 재생능력을 이용하여 수여부위에 뼈이식 없이 임플란트를 식립할 수 있게 될 수 있는 것이다.[46)]

인공적으로 고안한 치주인대의 경우에는 재생 기능을 모방하기는 매우 어려운 일이 될 것이다. 물론 뼈의 생성에 전기적인 신호가 관여한다는 주장도 끊임없이 제기되고 있다.[52)] 따라서 이를 바탕으로 한 연구들로부터 골대사와 치유 과정을 촉진할 수 있는 자극을 주어 실제로 재생에 도움을 주는 인공 치주인대를 개발 가능성도 있을 것이다. 인공 치주인대만으로 조직공학적 방법에서 만큼의 효과를 기대하기는 어렵더라도 조직공학적인 방법이나 현재의 뼈이식, 조직유도재생술과 같은 기술과 융합한다면 지금 보다 더 나은 재생 결과를 갖는 임플란트 식립이 가능해질 수 있을 것이라 생각한다.

2. 치주인대의 감각기능

자연치아가 느끼는 감각은 크게 통각, 고유수용기감각과 촉각으로 나누어진다. 통각은 주로 치수 내에 분포한 신경과 관련되어 깊은 치아우식 시의 치통 등으로 나타난다. 치주인대에서는 주로 과도한 교합력이 가해졌을 때 통각을 느끼게 된다. 통상적인 타진 시에도 환자가 통증을 느끼는 경우에는 치주인대를 포함한 치근막에 염증이 있는 상황임을 알려준다.[40)]

생리적 상황에서 치주인대는 고유수용기감각 기능이 있으며, 이는 치아에 가해지는 저작압의 크기를 인지하여 과도한 저작합이 치아에 가해지는 것을 방지하여 정상적으로 저작기능이 유지될 수 있도록 해준다. 저작에 관여하는 감각수용기는 치주인대 외에도 폐구근의 근방추, 턱관절 등도 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 이들의 감각 정도는 훨씬 적다.[11,53)]

임플란트에서는 치주인대가 없이 폐구근의 근방추와 턱관절에만 의지하여 저작압을 감지하기 때문에 훨씬 무딘 감각을 갖게 된다. 따라서 임플란트에 과도한 교합력이 가해져도 이를 인지하지 못해 하방 치조골에 파괴적인 영향을 줄 수 있다. 이를 피하기 위해 임플란트의 교합면을 자연치아의 교합면보다 더 줄여야 하는 부담이 주어진다.[11)] 따라서 치주인대 임플란트에서 치주인대의 감각기능이 어느 정도까지 발현이 될 수 있을 지에 대한 연구가 필요하다. 자가 치아 이식의 경우 치주인대의 통각은 수술 후 비교적 이른 시간에 쉽게 재생되는 것으로 알려져 있지만 고유수용감각이나 촉각의 재생 여부는 아직 불명확하다.[54)] 치주인대 매식 임플란트의 연구에서 단순히 식립 후 치주조직 재생과 조화 및 저작 기

능등 만을 평가할 것이 아니라 환자의 주관적인 감각 기능 회복여부 까지도 확인하고 연구하도록 해야 할 것이다.

치주인대의 감각기능을 모방하는 인공 치주인대를 만드는 방법은 주로 전자공학과의 연계를 통해 가능하게 될 것으로 생각된다. 이는 임플란트에 가해지는 외력에 반응하고 적절히 주위 잔존 신경 다발에 자극을 전달할 수 있는 인공 치주인대를 개발할 수 있어야 가능할 것으로 생각된다. 인체가 반응할 수 있는 유효한 신경 출력을 전자공학적 재료가 만들어낸 예 중 하나로 대부분의 청력을 잃었지만 소량의 청각 세포가 남아있는 환자들에게 행해지고 있는 인공와우 임플란트(cochlear implant)를 들 수 있다.[55] 고유감각기능의 회복을 위해서는 치조골 내의 신경과 임플란트 사이에서도 유사한 전기생리학적 측면에서 접근하여 문제를 해결할 가능성에 대한 연구가 앞으로 진행되어야 할 것이다.

3. 치주인대의 항상성 유지기능

생물학 영역에서 항상성은 생물체가 변화하는 내부와 외부 환경에 적응하여 본질적인 형태와 생리적 상황을 유지하여 안정적으로 개체의 생존을 이어나가려는 성질을 말한다.[56] 항상성은 의학적으로는 주로 인체 내의 호르몬과 신경의 유기적인 활동에 의해 조절되어 유지되는 인체의 항상성 유지 과정을 의미한다고 할 수 있다.[57] 이와 같은 맥락에서 치주인대의 항상성에 대해 생각해볼 수 있다. 치주인대는 치조골과 치아 사이에 석회화를 방지하여 치아의 유착이 일어나지 않도록 하는 역할을 한다. 이 때 치주인대의 공간의 폭은 백악질, 치주인대, 그리고 치조골의 상호작용 하에서 서로 조화를 이루며 항상성을 유지하도록 조절된다. 이는 주로 교정력을 가하여 치아를 이동할 시에 발견할 수 있는데, 인장력

이 가해지는 부위에서는 치주인대의 폭이 넓어지고 반대로 압축력이 가해지는 부위에서는 좁아지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 치주인대의 항상성은 치아와 백악질, 치조골 사이에서 지속적인 석회화를 방지하고 치주인대 공간의 폭을 일정하게 유지하는 것이라 정의할 수 있다.[42)]

교정적 치아이동 뿐 아니라 생리적 범위에서 일어나는 치아 이동은 이러한 치주인대의 항상성 유지 기능에 의해 가능하다고 할 수 있다. 치아의 이동은 치주인대가 적은 쪽에서 많은 쪽을 향해 일어나는 경향이 있다. 치주낭의 깊이가 깊은 쪽에서 깊이가 얕은 쪽으로 자연적인 치아 이동이 가능하며, 이로 인해 자연 치열은 기능을 시작함에 따라 인접치 및 대합치와의 조화로운 관계 형성이 가능해진다.[58)]

아직 치주인대 매식 임플란트를 식립하고 이를 장기적으로 관찰한 결과는 부족하다고 할 수 있으며, 임플란트의 이동이 일어나는지에 초점을 맞추어 결과를 확인하지는 못했다고 할 수 있다. 치주인대가 존재하는 임플란트에서도 생리적 범위내에서의 자연치의 이동과 유사한 이동이 일어나는지 장기적으로 살펴볼 필요가 있으며 또 이를 위한 후속 연구가 필요하다고 생각된다.

근관치료된 치아의 경우 치주인대가 건전하다면 교정력에 건강한 치아와 유사하게 반응하는 것으로 나타났다. 다만 근관치료된 치아에서는 치근의 흡수 위험이 좀 더 커진다.[59)] 치주인대 매식 임플란트가 근관치료된 치아와 동등한 수준의 치주인대 부착을 갖게 된다면 동등한 교정적 이동이 가능하면서도 임플란트 탈락 위험은 없는 이점을 갖게 되리라 예상할 수 있을 것이다.

인공 치주인대를 이용한 방법에서는 이러한 항상성 기능 재현을 기대하기는 더 어려울 것으로 생각된다. 우선 인공 치주인대를 개발할 시에 뼈와의 계면에 대한 충분한 고려가 필요할 것이다. 교정력에 의한 치아 이동은 주로 치주인대 내의 혈류량과 연관된 압력-신장이론과 생물학적

전기이론으로 설명된다. 생물학적 전기이론에 따르면 치조골의 휨과 관련되어 생성되는 전기적 신호에 의해 부분적으로나마 골대사의 변화를 일으켜 치아 이동에 관여한다고 알려져 있다.[60] 골 대사를 전기적으로 조절하는 기전에 대한 후속 연구가 충분히 이루어진다면 이를 토대로 머지않아 치아의 교정적 이동을 전기적인 힘으로 조절할 수 있는 길이 열릴 수도 있다 생각된다.

제 5 절 임상적 성공 기준

현재의 임플란트는 30여년의 임상적 결과물을 갖고 있으며 그에 따라 식립된 임플란트가 성공했다고 할 수 있는 기준에 대한 합의가 어느정도 이루어져 있다. Smith등이 제시한 성공기준에서는 방사선학적으로 임플란트 주변에 방사선투과상이 없어야 함을 들고 있다. 또 수직적 골 흡수가 1년 내에 0.2 mm이고 5년 내 성공률이 85%, 10년 성공률이 80%이어야 한다. 그 밖에 지속적인 통증이 존재하지 않아야 함 등을 조건으로 들고 있다.[61)]

이들 기준 중 대부분은 새로운 치주인대 임플란트에도 적용이 가능할 것이라 생각한다. 다만 임플란트 주변에 방사선투과상이 없어야 하는 점에서는 변경이 필요할 수 있을 것이다. 조직공학적 방법을 이용한 치주인대 임플란트에서는 성공적으로 치주인대가 발생하였을 때 치근단 주변에 치조백선이 관찰된다.[45)] 지금의 임플란트 성공 기준에 따르면 치주인대강의 방사선투과성이 문제가 될 수 있으므로 임플란트 주변에 방사선투과성이 없어야 하는 기준은 임플란트 주변에 치조백선이 건전해야 한다는 기준으로 바꿀 수 있을 것이라 생각한다. 인공적으로 치주인대를 만드는 경우에는 방사선불투과성 재료를 사용하도록 하는 것이 임상적인 관찰에 유익할 것이다.

제 3 장 결론

임플란트는 치주인대가 존재하지 않기 때문에 치주인대의 재생 기능, 감각 기능을 활용할 수 없다. 또한 치주인대의 항상성 유지 기능이 없고 뼈와 임플란트가 직접 유착되어 있기 때문에 치아의 생리적 이동 및 교정적 치아이동이 불가능하다. 이는 임플란트의 태생적인 한계라고 할 수 있으며, 이러한 단점을 보완하기 위해서는 치주인대를 접목시킨 새로운 개념의 임플란트 개발에 대한 연구가 필요하다.

임플란트에 치주인대를 접목하는 방안으로 두 가지 접근 방안을 제시하였다. 첫 번째는 조직공학적인 방법으로 실제 인체의 치주인대를 임플란트 주변에 발생시키는 것이다. 활발한 치아 재생 연구와 더불어 치주인대만을 임플란트 주위에 자라나도록 하는 연구가 이미 시도되고 있고 아직 성공률이 높지는 않지만 사람에서의 실험 결과도 나오고 있다. 조직공학적인 방법으로 치주인대 임플란트를 개발한다면 치주인대의 재생 및 치유 기능을 식립시에 활용할 수 있을 것이다.

두 번째 방법으로는 치주인대의 기능을 면밀히 분석하고 이를 모사할 수 있는 인공 치주인대를 개발하여 임플란트의 설계에 포함하는 생체모방적 접근을 제시하였다. 아직 인공 치주인대를 만드는 시도는 요원하다고 할 수 있으나 전자공학과의 연계 등 다학제적 접근을 통해 감각신경 기능을 모방할 수 있고 전기적 신호 조절을 통해 임플란트 주변 치조골의 대사를 조절하여 임플란트의 교정적 이동을 유도할 수 있는 인공 치주인대를 임플란트에 접합시킨다면 현행 임플란트의 단점을 개선할 수 있을 것이다.

조직공학적인 방법으로 실제의 치주인대를 임플란트 주변에 발생시키는 방법에서는 치주인대의 감각기능과 항상성 유지 기능에 대해서는 아

직 관련 연구가 미흡한 실정이며, 이 두 가지 기능을 확인하고 보완하는 장기적인 연구가 필요하다고 생각한다. 반면 인공 치주인대를 개발하는 접근에서는 치주인대의 재생 기능을 모방하는 것은 감각 기능이나 항상성 유지 기능의 경우보다도 더욱 어려운 일이라 생각된다. 그렇다면 이 방법들을 독립적으로 생각할 것이 아니라 두 가지 접근 방법을 융합시키는 시도가 필요할 것이다. 이러한 시도에서 출발하여 치주인대의 재생을 유도하는 새로운 개념의 임플란트를 개발하는 것이 향후 치의학의 발전 방향이 될 것이라 생각한다.

참 고 문 헌

1) Lekholm U, van Steenberghe D, Herrmann I, Bolender C, Folmer T, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Laney WR, Lindén U. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9(6):627-35.

2) Morsczeck C, Schmalz G, Reichert TE, Völlner F, Galler K, Driemel O. Somatic stem cells for regenerative dentistry. *Clin Oral Investig.* 2008;12(2):113-8.

3) Melcher AH. Cells of periodontium: their role in the healing of wounds. *Ann R Coll Surg Engl.* 1985;67(2):130-1.

4) Kopp CD. Brånemark osseointegration. Prognosis and treatment rationale. *Dent Clin North Am.* 1989;33(4):701-31.

5) Meffert RM, Langer B, Fritz ME. Dental implants: a review. *J Periodontol.* 1992;63(11):859-70.

6) 이승종. 심포지움: 자연치아 오래 살리기: 보존적 측면. *대한치주과학회 학술발표논문집*, 2009.

7) Park JH, Tai K, Hayashi D. Tooth autotransplantation as a treatment option: a review. *J Clin Pediatr Dent.* 2010;35(2):129-35.

8) Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent.* 1989;62(5):567-72.

9) Beertsen W, McCulloch CA, Sodek J. The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue. *Periodontol 2000.* 1997;13:20-40.

10) Jovanovic SA, Hunt DR, Bernard GW, Spiekermann H, Wozney JM, Wikesjö UM. Bone reconstruction following implantation of rhBMP-2 and guided bone regeneration in canine alveolar ridge defects. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(2):224-30.

11) Trulsson M. Sensory and motor function of teeth and dental implants: a basis for osseoperception. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2005;32(1-2):119-22.

12) Lisi S, Peterková R, Peterka M, Vonesch JL, Ruch JV, Lesot H. Tooth morphogenesis and pattern of odontoblast differentiation. *Connect Tissue Res*. 2003;44 Suppl 1:167-70.

13) Miletich I, Sharpe PT. Normal and abnormal dental development. *Hum Mol Genet*. 2003;12 Spec No 1:R69-73.

14) Beertsen W, Everts V, van den Hooff A. Fine structure of fibroblasts in the periodontal ligament of the rat incisor and their possible role in tooth eruption. *Arch Oral Biol*. 1974;19(12):1087-98.

15) Kardos TB. The mechanism of tooth eruption. *Br Dent J*. 1996;181(3):91-5.

16) Ten Cate AR, Deporter DA, Freeman E. The role of fibroblasts in the remodeling of periodontal ligament during physiologic tooth movement. *Am J Orthod*. 1976;69(2):155-68.

17) Fridrich KL, Fridrich HH, Kempf KK, Moline DO. Dental implications in Ehlers-Danlos syndrome. A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1990;69(4):431-5.

18) Basdra EK, Komposch G. Osteoblast-like properties of human periodontal ligament cells: an in vitro analysis. *Eur J Orthod*. 1997;19(6):615-21.

19) Matsuo K, Irie N. Osteoclast-osteoblast communication. *Arch Biochem Biophys*. 2008;473(2):201-9.

20) Carnes DL, Maeder CL, Graves DT. Cells with osteoblastic phenotypes can be explanted from human gingiva and periodontal ligament. *J Periodontol*. 1997;68(7):701-7.

21) Bosshardt DD. Are cementoblasts a subpopulation of osteoblasts or a unique phenotype? *J Dent Res*. 2005;84(5):390-406.

22) Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod*. 1994;16(4):249-63.

23) Huang GT, Gronthos S, Shi S. Mesenchymal stem cells derived from dental tissues vs. those from other sources: their biology and role in regenerative medicine. *J Dent Res*. 2009;88(9):792-806.

24) Nagatomo K, Komaki M, Sekiya I, Sakaguchi Y, Noguchi K, Oda S, Muneta T, Ishikawa I. Stem cell properties of human periodontal ligament cells. *J Periodontal Res*. 2006;41(4):303-10.

25) Spouge JD. A new look at the rests of Malassez. A review of their embryological origin, anatomy, and possible role in periodontal health and disease. *J Periodontol*. 1980;51(8):437-44.

26) Gao Z, Mackenzie IC, Williams DM, Cruchley AT, Leigh I, Lane EB. Patterns of keratin-expression in rests of Malassez and periapical lesions. *J Oral Pathol*. 1988;17(4):178-85.

27) Kat PS, Sampson WJ, Wilson DF, Wiebkin OW. Distribution of the epithelial rests of Malassez and their relationship to blood vessels of the periodontal ligament during rat tooth development. *Aust Orthod J*. 2003;19(2):77-86.

28) Ralph WJ. Tensile behaviour of the periodontal ligament. *J*

Periodontal Res. 1982;17(4):423-6.

29) Butler WT, Birkedal-Hansen H, Beegle WF, Taylor RE, Chung E. Proteins of the periodontium. Identification of collagens with the [alpha1(I)]2alpha2 and [alpha1(III)]3 structures in bovine periodontal ligament. *J Biol Chem*. 1975;250(23):8907-12.

30) Berkovitz BK. The structure of the periodontal ligament: an update. *Eur J Orthod*. 1990;12(1):51-76.

31) Johnson RB. Synthesis of alveolar bone Sharpey's fibers during experimental tooth movement in the rat. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2005;284(1):485-90.

32) Mecham RP, Davis EC. Elastic fiber structure and assembly. In: Yurchenco PD, Birk DE, Mecham RP, eds. Extracellular Matrix Assembly and Structure. Academic Press, New York, 1994:281 - 314.

33) Sims MR. Oxytalan fiber system of molars in the mouse mandible. *J Dent Res.* 1973;52(4):797 - 802.

34) Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN. The Periodontal Ligament in Health and Disease. Pergamon Press, Oxford, 1982:Chap. 6.

35) Berkovitz BK. Periodontal ligament: structural and clinical correlates. *Dent Update*. 2004;31(1):46-50, 52, 54.

36) Edwall LGA. The vasculature of the periodontal ligament. In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN eds. The Periodontal Ligament in Health and Disease. Pergamon Press, Oxford, 1982:151-171.

37) Selliseth NJ, Selvig KA. The vasculature of the periodontal

ligament: a scanning electron microscopic study using corrosion casts in the rat. *J Periodontol*. 1994;65(11):1079-87.

38) Jacobs R, van Steenberghe D. Role of periodontal ligament receptors in the tactile function of teeth: a review. *J Periodontal Res*. 1994;29(3):153-67.

39) Närhi MV, Hirvonen TJ, Hakumäki MO. Responses of intradental nerve fibres to stimulation of dentine and pulp. *Acta Physiol Scand*. 1982 Jun;115(2):173-8.

40) Nyman S, Karring T, Lindhe J, Plantén S. Healing following implantation of periodontitis-affected roots into gingival connective tissue. *J Clin Periodontol*. 1980;7(5):394-401.

41) Nyman S, Karring T, Lindhe J, Plantén S. Healing following implantation of periodontitis-affected roots into gingival connective tissue. *J Clin Periodontol*. 1980;7(5):394-401.

42) Shimoji Isao. 김여갑 외 역. 치주인대에 의한 재생치료: 임플란트를 고려하기 전에. 군자출판사, 2010, p150.

43) Buser D, Warrer K, Karring T. Formation of a periodontal ligament around titanium implants. *J Periodontol*. 1990;61(9):597-601.

44) Lin Y, Gallucci GO, Buser D, Bosshardt D, Belser UC, Yelick PC. Bioengineered periodontal tissue formed on titanium dental implants. *J Dent Res*. 2011;90(2):251-6.

45) Gault P, Black A, Romette JL, Fuente F, Schroeder K, Thillou F, Brune T, Berdal A, Wurtz T. Tissue-engineered ligament: implant constructs for tooth replacement. *J Clin Periodontol*. 2010;37(8):750-8.

46) Arunachalam LT, Sudhakar U, Merugu S, Janarthanan AS. Tissue-engineered periodontal ligament on implants: Hype or hope? *J Dent Implants.* 2012;2(2):115-6.

47) Michaels CM, Keller JC, Stanford CM. In vitro periodontal ligament fibroblast attachment to plasma-cleaned titanium surfaces. *J Oral Implantol.* 1991;17(2):132-9.

48) Hakki SS, Korkusuz P, Purali N, Korkusuz F, Bozkurt BS, Hakki EE, Onder ME, Gorur I, Nohutcu RM, Timucin M, Ozturk A. Periodontal ligament cell behavior on different titanium surfaces. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):906-16.

49) Docheva D, Padula D, Popov C, Weishaupt P, Prägert M, Miosge N, Hickel R, Böcker W, Clausen-Schaumann H, Schieker M. Establishment of immortalized periodontal ligament progenitor cell line and its behavioural analysis on smooth and rough titanium surface. *Eur Cell Mater.* 2010;19:228-41.

50) Nimčenko T, Omerca G, Varinauskas V, Bramanti E, Signorino F, Cicciù M. Tooth auto-transplantation as an alternative treatment option: A literature review. *Dent Res J* (Isfahan). 2013;10(1):1-6.

51) Jovanovic SA, Hunt DR, Bernard GW, Spiekermann H, Wozney JM, Wikesjö UM. Bone reconstruction following implantation of rhBMP-2 and guided bone regeneration in canine alveolar ridge defects. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(2):224-30.

52) Song JK, Cho TH, Pan H, Song YM, Kim IS, Lee TH, Hwang SJ, Kim SJ. An electronic device for accelerating bone formation in tissues surrounding a dental implant. *Bioelectromagnetics.* 2009;30(5):374-84.

53) Bonte B, Linden RW, Scott BJ, van Steenberghe D. Role of periodontal mechanoreceptors in evoking reflexes in the jaw-closing muscles of the cat. *J Physiol*. 1993;465:581-94.

54) Schendel KU, Schwartz O, Andreasen JO, Hoffmeister B. Reinnervation of autotransplanted teeth. A histological investigation in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1990;19(4):247-9.

55) Zeng FG, Rebscher S, Harrison W, Sun X, Feng H. Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2008;1:115-42.

56) Cannon WB. Organization for physiologic homeostasis. *Physiol Rev.* 1927;9:399-431.

57) Wiener N. The concept of homeostasis in medicine. *Trans Stud Coll Physicians Phila*. 1953;20(3):87-93.

58) Moxham BJ, Berkovitz BKB. The periodontal ligament and physiological tooth movements. Pergamon Press, New York, 1982:215-40.

59) Wickwire NA, Mc Neil MH, Norton LA, Duell RC. The effects of tooth movement upon endodontically treated teeth. *Angle Orthod*. 1974;44(3):235-42.

60) McDonald F. Electrical effects at the bone surface. *Eur J Orthod*. 1993;15(3):175-83.

61) Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent*. 1989;62(5):567-72.

Abstract

Prospect for an Implant Employing Periodontal Ligament Regeneration and Function

Shim, Seung-Kee
Department of Dentistry
School of Dentistry
Seoul National University

Implant is one of the most considerable options among the restoration methods for tooth loss. However, there are some inherent limitations with implants comparing to the natural teeth. In this study, I summarized the advantages and disadvantages of current implant therapy, and then focusing to the lack of periodontal ligament in the implant, I tried to develop a prospect for the new concept of implant therapy that include regeneration and/or functional reconstitution of periodontal ligament. The whole study was done by reviewing articles. Implant has no periodontal ligament, so it can not use its regerative and sensory functions. Moreover, there is no homeostasis of periondontal ligament, limiting the physiologic or orthodontic movements of implant fixtures. To overcome this inherent limitation, the development of new concept implant that can support the function of periodontal ligament is needed. In this study, I suggested two ways to provide periodontal ligament function to the implant. The first method is related to the tissue engineering,

generating periodontal ligament around the implant surface. With active current researchs about whole tooth regeneration, there have already been some trials of this concept even in humans. Using this method, the regenerative and healing functions of periodontal ligament may be provided. The second method is to devise an artificial periodontal ligament mimicking the function of periodontal ligaments. This biomimetic approach is far-off yet and requires interdisciplinary attempts like combining with electronics. This method has a potential to provide the sensory and homeostasis functions of periodontal ligament to the implant if the devices were developed to control electrical signals in the alveolar bone and periodontium. Finally, I suggest a new concept implant that combine regenerated periodontal ligament with artifical devices to fully support natural periodontal ligament function.

Keywords: periodontal ligament regeneration, implant, tissue engineering, biomimetic artificial periodontal ligament

Student Number: 2010-22473