2007년 2월 석사학위 논문

하악 편측 유리단 가철성 국소의치의 설계에 따른 광탄성 응력 분석

조선대학교 대학원

- 치의학과
- 박 철 우

하악 편측 유리단 가철성 국소의치의 설계에 따른 광탄성 응력 분석

Photoelastic stress analysis according to the design of the mandibular unilateral free-end removable partial denture

조선대학교 대학원

- 치의학과
- 박 철 우

하악 편측 유리단 가철성 국소의치의 설계에 따른 광탄성 응력 분석

지도교수 계 기 성

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2006 년 10 월 일

조선대학교 대학원

치의학과

박 철 우

박철우의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김명수

위 원 조선대학교 교수 오상호

위 원 조선대학교 교수 계기성

2006 년 11월 일

조선대학교 대학원

ABSTRACT	•••• V
I.서 론	1
Ⅱ. 연구재료 및 방법	4
Ⅲ. 연구성적	12
Ⅳ. 총괄 및 고안	···· 17
V. 결 론	23

목 차

표 목 차

도 목 차

Fig. 1. Dental study model. 4
Fig. 2. Duplicated orthodontic resin teeth. 4
Fig. 3. Wax model with duplicated resin teeth 4
Fig. 4. Silicone mold 5
Fig. 5. Duplicated teeth simulated periodontal ligament 5
Fig. 6. Photoelastic epoxy resin model with resin teeth
Fig. 7. Unilateral free-end removable partial denture using clasp on the
photoelastic epoxy resin model 6
Fig. 8. Unilateral free-end removable partial denture using Konus crown
on the photoelastic epoxy resin model 7
Fig. 9. Unilateral free-end removable partial denture using resilient
attachment on the photoelastic epoxy resin model 7
Fig. 10. Unilateral free-end removable partial denture using flexible resin
on the photoelastic epoxy resin model 8
Fig. 11. Evaluation of the residual stress prior to the loading
Fig. 12. Loading device. 10
Fig. 13. Stress freezing furnace 10
Fig. 14. Loading device located in the stress freezing furnace 10
Fig. 15. Stress freezing cycle for the photoelastic epoxy resin model in
the stress freezing furnace 10
Fig. 16. Measuring points of the fringe order number in the sliced
specimen. 11
Fig. 17. Stress fringe pattern of the photoelastic sliced specimens under
the vertical loading13
Fig. 18. Isochromatic fringe pattern of the photoelastic sliced specimens
produced by the unilateral free-end removable partial dentures
under the vertical loading 14

ABSTRACT

Photoelastic stress analysis according to the design of the mandibular unilateral free-end removable partial denture

Park, Cheol-Woo, D.D.S. Advisor : Prof. Kay, Kee-Sung, D.D.S., M.S.D., Ph.D. Department of Dentistry, Graduate School of Chosun University.

The purpose of this study was to compare and evaluate the magnitude and distribution of stress around the abutment teeth and on the residual ridge produced by four kinds of the mandibular unilateral free-end removable partial dentures.

For this study, a three-dimensional photoelastic stress analysis method was used. Mandibular photoelastic epoxy models missing right the 1st and the 2nd molars and unilateral free-end removable partial dentures were fabricated using clasp(C-URPD), Konus crown(K-URPD), resilient attachment(ReA-URPD), and flexible resin(F-URPD). Unilateral free-end removable partial dentures were positioned on the photoelastic epoxy resin models, and the vertical load of 6kg was applied on the central fossa of mandibular right the 1st molar artificial tooth of the every removable partial dentures. After photoelastic epoxy resin models with applied stress were frozen in a stress freezing furnace according to the stress freezing cycle, these models were sliced mesio-distally to a thickness of 6mm. The sliced specimens were examined with the polariscope and transmission photoelastic device to observe the distribution of stress.

The results were as follows :

- 1. In all of the sliced specimens, Only the compressive stress were observed.
- 2. The isochromatic maximum fringe order number was in the decreasing order of F-URPD, C-URPD, ReA-URPD, and K-URPD, and the location of maximum stress concentration was different from each other.
- 3. On the residual ridge just below the loading point, the fringe order number was in the decreasing order of F-URPD, C-URPD, ReA-URPD, and K-URPD.
- 4. On the root apex of the 2nd premolar, the fringe order number was in the decreasing order of C-URPD, F-URPD, K-URPD, and ReA-URPD.
- 5. K-URPD showed the most equalized transmission of the vertical loads to the supporting alveolar bone of abutment teeth and residual ridge.

In conclusion, in view of the stress distribution on the supporting structures under the vertical loading, K–URPD was the most favorable design of the four unilateral free–end removable partial dentures tested. And the other hand, even though F–URPD showed much higher stress concentration on the residual ridge than on alveolar bone surrounding abutment tooth, F–URPD can be considerable clinically because of the advantage without tooth reduction.

I. 서 론

오늘날 사람들은 의학기술의 발전으로 수명이 연장되었으며 생활수준의 향상으 로 삶의 질을 중요시 하면서 건강에 대해 높은 관심을 갖게 되었다. 그로 인해 치 과치료를 받는 노인 환자의 수가 증가하고 있으며 그 중에서 완전 무치악으로 이 행되는 부분 무치악 환자가 차지하는 비중이 높아지고 있다. 치아는 치주염, 치아 우식증, 외상, 선천적인 요인 등에 의해 상실되며, 제1,2 대구치는 제3 대구치를 제 외한 다른 치아에 비해 먼저 발거되는 것으로 보고되었다^{1,2)}. 구치가 상실되면 근신 경계의 불안정, 저작효율의 감소, 교합수직고경의 소실, 대합치의 정출, 전치의 마 모, 비심미적인 결과를 초래할 수 있다. 그러므로 기능적, 형태적 장애 회복 및 잔 존 구강 조직의 보존을 위해서 적절한 보철물로 신속하게 수복해 주어야 한다³⁾.

구치의 상실, 특히 편측으로 하악 대구치 모두가 상실된 경우에 보철적으로 수복 할 수 있는 방법으로는 고정성 cantilever bridge, 가철성 국소의치, 임플란트를 이 용한 보철 수복이 있다. 이 중에서 임플란트를 이용한 보철 수복이 우선적인 치료 방법으로 인정되고 있지만 아직까지는 가철성 국소의치가 보편적인 치료방법으로 많이 쓰이고 있다⁴⁾. 가철성 국소의치에는 클라스프를 이용한 국소의치, 어태치먼트 를 이용한 국소의치, 코너스 치관을 이용한 국소의치가 있으며 이외에 임상적으로 적용 가능한 클라스프를 이용한 편측 국소의치, 탄성 국소의치 등이 있다. 클라스 프를 이용한 국소의치와 어태치먼트를 이용한 국소의치는 흔히 양측성으로 설계를 하기 때문에 반대측 치열까지 연결되는 주연결장치의 금속 구조물로 인하여 환자 가 불편감을 갖게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해서 편측으로 설계한 여러 가지 가철성 국소의치가 임상에서 적용되고 있으며 이에 대하여 많이 연구되고 있다⁵⁻¹¹⁾. 편측 구치부 유리단 결손을 수복하기 위해서 유리단 가철성 국소의치를 설계할 때 고려해야 할 점은 국소의치가 서로 다른 조직 변위량을 갖는 치아와 잔존 치조 제의 점막에서 지지를 얻는다는 것이다. 국소의치에 가해진 교합력과 저작력이 지 대치의 적응 한계를 넘게 되면 지대치의 동요를 야기하면서 국소의치가 침하하여 잔존 치조제에 과도한 힘을 집중시키고 잔존 치조제의 흡수를 촉진시킨다¹²⁻¹⁷⁾. 그 러므로 구강 내에 장착된 보철물이 성공적으로 기능하면서 유지되려면 보철물에 가해진 힘에 의해 발생한 응력이 지대치 주위 치조골과 잔존 치조제에 균형있게

분산되어 보철물이나 지대치의 파절을 야기하지 않도록 과도하지 않고 잔존 치조 제에 발생한 응력도 생체의 생리적 지지 능력 범위 내에 오도록 설계된 가철성 국 소의치로 수복하는 것이 중요하다¹⁸⁻²¹⁾.

가철성 국소의치에 가해지는 힘을 지대치 주위 치조골과 잔존 치조제에 효율적 으로 분산시키고 지대치를 건강한 상태로 유지하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔 다. 유리단 국소의치를 위한 인상재와 인상채득 방법에 대한 연구가 있으며²²⁻²⁴⁾. 의 치상의 연장²⁵⁾, 의치상의 위치 및 적합도^{26,27)}, 국소의치 금속구조물의 적합^{28,29)}, 대 합치의 양상³⁰⁾ 등이 지대치에 미치는 영향에 대해서도 연구되었다. 교합력의 분산 에 대해서는 앞에서 언급한 여러 가지 요소를 고려해야 하지만 특히 지대치와 의 치상의 연결 양식이 크게 영향을 미친다³¹⁾. 클라스프를 이용한 국소의치는 응력 완 압장치를 이용하거나 유리단 국소의치 설계시 주연결 장치의 변화를 통해 지대치 를 보호할 수 있다³²⁻³⁴⁾. 코너스 치관을 이용한 국소의치는 비완압 방식으로 의치상 을 지대치에 견고하게 고정함으로써 의치상에 가해진 힘에 대해서 지대치의 치근 막에 존재하는 고유감각 수용기가 작용하여 조절하기 때문에 지대치의 부담을 경 감시키고 잔존 치조제의 흡수를 방지할 수 있다³⁵⁻³⁸, 어태치먼트를 이용한 국소의 치는 지대치의 상태에 따라 약간의 움직임을 허용하는 완압 방식과 전혀 움직임을 허용하지 않는 비완압 방식으로 의치상을 지대치에 연결함으로써 의치상에 가해진 힘을 지대치와 잔존 치조제에 적절하게 분산시킬 수 있다³⁹⁻⁴²⁾. 탄성 국소의치는 일 반적으로 지대치의 지지를 받지 않고 의치상 레진이 연장된 클라스프에 의해서 단 지 지대치를 둘러싸는 방식이기 때문에 의치상에 가해진 힘이 지대치에 거의 전달 되지 않고 대부분 잔존 치조제에 분산될 것으로 생각되어지나 이에 대한 보고가 거의 없다¹¹⁾.

일반적으로 응력을 분석하는 방법으로는 brittle lacquer-coating법⁴³⁾, dial gauge 법^{44,45)}, strain gauge법⁴⁶⁻⁴⁹⁾, Holography법^{50,51)}, stereophotogrammatic technique^{17,52)}, 유한요소법⁵³⁻⁵⁶⁾, 및 광탄성 분석법⁵⁷⁻⁶²⁾ 등이 있다. 이 중에서 광탄성 분석법은 생체 와 유사하게 재현한 광탄성 모형에서 굴절지수의 변화와 모형에 입사한 편광의 주 변형율의 차이에 의해 비례적으로 빛이 굴절하여 위상지연이 일어남으로써 가시적 으로 측정할 수 있는 응력 분석법이다. 1935년 Zak⁶³⁾에 의해 처음으로 광탄성 분석 법이 치의학 분야에 응용된 이후 많은 연구에서 응력 분석을 위해 이용되고 있다. 3차원 광탄성 분석법은 치근막의 재현이 어렵고 치조골과 동일한 응력분포를 볼 수 없는 한계가 있지만 구강 구조물과 같은 복잡한 구조물의 응력 분석이 가능하 고, 복잡한 하중 조건에 따라 보철물에 의해 실제 내부에 발생한 전체적인 응력 분 포를 잘 볼 수 있으며 주어진 어떤 지점에서도 응력의 차이를 쉽게 비교 관찰하고 해석할 수 있는 장점이 있다⁶⁴⁻⁶⁸⁾.

편측 구치부 유리단 결손 수복에 대한 다양한 가철성 국소의치의 응력 분석에 관한 많은 연구가 진행되었으나 편측으로만 설계된 유리단 가철성 국소의치에 대 해서 응력을 비교 분석한 연구가 많지 않으며 편측으로 수복할 수 있는 탄성 레진 을 이용한 국소의치의 응력 분석에 관한 연구가 거의 없었다. 따라서 본 연구를 통 해 편측 구치부 유리단 결손을 수복할 때, 지대치와 잔존 치조제의 상태를 고려하 여 가장 이상적인 편측 유리단 가철성 국소의치가 무엇인지를 평가하는 것은 임상 적으로도 의미가 있다고 생각된다.

이에 본 연구는 하악 우측 제1,2 대구치가 결손된 Kennedy class Ⅱ 증례에서 임상적으로 적용할 수 있는 편측 유리단 가철성 국소의치인 클라스프를 이용한 국 소의치, 코너스 치관을 이용한 국소의치, 완압형 어태치먼트를 이용한 국소의치, 탄 성 레진을 이용한 국소의치 등의 보철물 설계에 따른 수직하중시 지대치 주위 치 조골 및 의치상 하부의 잔존 치조제에 발생하는 응력 분포 양상을 3차원 광탄성 분석법으로 비교한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하고자 한다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 왁스 연구모형 및 지대치의 제작

투명 실리콘 치은과 해부학적 형태의 치근을 가진 치아로 구성된 dental study model(121D-400G, Nissin Dental Products Inc., Japan)을 선택하고, 우측 견치, 제 1,2 소구치를 실리콘 인상재인 Exafine putty(GC Co., Japan)와 Aquasil LV Ultra(Dentsply International Inc., U.S.A.)로 음형을 만든 후 교정용 레진 (Orthodontic resin, Dentsply International Inc., U.S.A.)으로 복제하여 4 set를 만들 었다(Figs. 1.2).

Dental study model의 우측 견치, 제1,2 소구치를 교정용 레진으로 복제한 치아 (이하 레진치)로 교체하고 우측 제1.2 대구치를 제거한 후 그 부위를 왁스로 채워 서 Kennedy 분류 Ⅱ급인 하악 편측 구치부 유리단 결손 모형을 준비하였다. 이 모 형을 가역성 수성콜로이드(Agar) 인상재로 인상을 채득하여 음형을 만들고 세 개 의 레진치를 모형에서 제거하여 가역성 수성콜로이드 음형의 제자리에 잘 끼워 고 정한 후 왁스(Extra hard wax, Dae-dong Industry, Korea)를 녹여 부어서 왁스 모 형을 제작하였다. 그리고 제작될 광탄성 모형의 응력 분석을 위하여 모형의 기저부 에 약 5cm 정도의 높이로 왁스를 첨가하여 왁스 모형을 완성하였다(Fig. 3).



Fig. 1. Dental study Fig. 2. Duplicated model.

Fig. 3. Wax model with orthodontic resin teeth. duplicated resin teeth.

2. 광탄성 연구모형의 제작

Kennedy 분류 Ⅱ급으로 제작된 하악 왁스 모형을 실리콘(Dublish 15, Dreve,

Germany)과 경화제(Dublish 15, Dreve, Germany)를 1:1로 혼합하여 인상을 채득한 상태로 20℃에서 12시간 동안 경화시켜서 음형을 만들었다(Fig. 4). 세 개의 레진치 의 치근면에 Rubber base adhesive(Kerr Co., U.S.A.)를 1-2회 도포하여 약 0.2mm 두께의 치주인대를 재현한 후 실리콘 음형의 제자리에 잘 끼워 고정하였다(Fig. 5). 에폭시 레진(CY 230, Nagase Chemtex Co., Japan)과 경화제(HY 956, Nagase Chemtex Co., Japan)를 5:1로 기포가 생기지 않도록 잘 혼합하여 실리콘 음형에 붓고 20℃에서 24시간을 유지하며 경화시킨 다음 실리콘 음형과 에폭시 레진을 분 리하였다. 위와 같은 방법으로 모두 네 개의 광탄성 에폭시 레진 모형을 제작하였 다(Fig. 6).









Fig. 6. Photoelastic epoxy resin model with resin teeth.

3. 편측 유리단 가철성 국소의치의 제작

광탄성 응력 분석을 위해 편측 유리단 가철성 국소의치를 각각의 설계에 맞도록 다음과 같이 제작하였다.

simulated perio-

dontal ligament.

편측 유리단 가철성 국소의치 설계에 따라 하악 우측 견치와 제1,2 소구치 레진 치를 통상적인 방법으로 삭제한 후 실리콘 인상재인 Exafine light body(GC Co., Japan)와 Exafine putty(GC Co., Japan)로 잔존 치조제 부위를 포함하여 인상 채득 하였다. 경석고를 부어 주모형을 제작하였다. 광탄성 모형에 치조점막을 재현하기 위한 공간을 부여하기 위해서 주모형의 잔존 치조제 부위에 1.9mm의 왁스로 균일하 게 relief한 후, 주모형을 agar로 복제해서 매몰재(TiconiumTM Investic investment, Ticonium Co., U.S.A.)를 부어 매몰재 모형을 제작하였다. 금속 구조물은 Ni-Cr 합 금(TalladiumTM Vi-Star, Talladium Inc., U.S.A.)을 사용하여 제작하였다. 인공치 (LiveraTM Posterior, Shofu Inc., Japan)를 배열하고 매몰한 후 의치상 레진(ISO resin Q[®], High-dental Japan Co. Ltd., Japan)을 주입식 방식으로 중합하였고 연마 하여 가철성 국소의치를 완성하였다. 치조점막을 재현하기 위해서 레진 의치상에 실리콘 이장재인 Fit-checker(GC Co., Japan)를 도포하고 국소의치를 광탄성 모형 에 장착하여 레진 의치상과 광탄성 모형 사이에 미리 만들어 둔 1.9mm의 빈 공간을 실리콘 이장재로 채우고, 경화된 후 과도한 실리콘 이장재는 삭제하였다.

(1) 클라스프를 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(C-URPD) 제작

제2 소구치의 근심 교합면에 레스트를 위치시키고, 직접 유지장치로써 근심 협측 치경부의 0.25mm 언더컷을 이용하여 back-action clasp를 설계하였고 간접 유지장 치로써 견치와 제1 소구치 사이에 embrasure hook을 설계하였다(Fig. 7).



Fig. 7. Unilateral free-end removable partial denture using clasp on the photoelastic epoxy resin model. A: model included abutment teeth with preparation, B: metal framework set on the model(direct retainer: backaction clasp, indirect retainer: embrasure hook), C: completed C-URPD.

(2) 코너스 치관을 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(K-URPD) 제작

제1,2 소구치에 내관을 제작하기 위해 deep chamfer margin으로 치아를 삭제한 후, 다이 위에서 모든 면이 6°가 되도록 납형을 조각하고 금합금(gold 75%, KDM Inc., Korea)으로 주조하여 단일 금관을 각각 제작하였다. 외관은 제1,2 소구치를 연결고정하여 금관(AD-48, Alphadent Co., Korea)을 제작하고 제2 소구치 외관의 원심면에서 의치상 금속 구조물을 연장시켜 연결되도록 제작하였다(Fig. 8).



Fig. 8. Unilateral free-end removable partial denture using Konus crown on the photoelastic epoxy resin model. A: inner crown set, B: outer crown with framework set, C: completed K-URPD.

(3) 완압형 어태치먼트를 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(ReA-URPD) 제작 제1,2 소구치에 연결고정된 금관(AD-48, Alphadent Co., Korea)을 제작하기 위해서 chamfer margin으로 치아를 삭제한 후, 다이 위에서 납형을 조각하고 제2 소구치 원심 부위에 수직 운동과 회전 운동을 허용하여 저작시에 발생되는 교합압의 많은 양을 잔존 치조제 부위로 분산시켜 stress-breaker 역할을 하는 것으로 알려 진 Dalbo[®]-S 어태치먼트(CM SA, Biel/Bienne, Switzerland)의 양형을 부착시켜 주 조하였다. 음형은 양형과 정확한 위치로 유지시킨 후 견고하게 의치상에 고정시켰다. 어태치먼트의 수직 운동과 회전 운동을 방해하지 않고 교합압에 의한 측방 운동에 최소한으로 저항하도록 제1,2 소구치 납형 조각시 설측에 약간의 경사를 부여한 파지 및 지지 형태를 부여하였고 의치상 금속 구조물이 위치하도록 설계하였다. 제1 대구치 교합면은 어태치먼트 음형의 부피로 인해 레진치의 파절이 예상되어 금속 교합면으로 제작하였다(Fig. 9).



Fig. 9. Unilateral free-end removable partial denture using resilient attachment

on the photoelastic epoxy resin model. A: crown with male part set(Dalbo[®]-S, CM SA, Switzerland), B: metal framework with female part set, C: complete ReA-URPD.

(4) 탄성 레진을 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(F-URPD) 제작

제1,2 소구치에 지대치 형성을 하지 않은 상태에서 인상을 채득하여 주모형을 제 작하였다. 잔존 치조제 부위에 1.9mm의 왁스로 균일하게 relief한 후 주모형을 agar 로 복제해서 매몰재 모형을 제작하였다. 매몰재 모형 위에서 협측은 제2 소구치의 협측 치경부 언더컷 부위에 wrap-around 클라스프를 위치시키고 설측은 제1,2 소 구치의 설면을 모두 피개하도록 설계하여 조각한 후 매몰하였다. 생체 적합하고 유 연성이 뛰어난 나일론 성분의 열가소성 례진인 Valplast[®](Valplast International Co., U.S.A.)를 주입식 방식으로 중합하여 탄성 국소의치를 제작하였다(Fig. 10).



Fig. 10. Unilateral free-end removable partial denture using flexible resin on the photoelastic epoxy resin model. A: model included abutment teeth without preparation, B: flexible denture set(Valplast[®], Valplast International Co., U.S.A.), C: completed F-URPD.

4. 하중 조건 및 응력 동결

광탄성 연구모형을 투과형 광탄성 실험장치(Photoelastic Division 060 Series, Measurements group, U.S.A.)에 위치시켜서 잔류응력의 발생유무를 조사하여 잔류 응력이 발생한 모형은 응력 동결시킨 후 발생한 무늬차수에서 잔류응력의 무늬차 수를 뺀 뒤 응력을 분석하기 위하여 동결 전 잔류응력을 사진 촬영하였다(Fig. 11). 제작한 금관을 임시접착제인 Freegenol temporary pack(GC Co., Japan)을 사용 하여 지대치에 고정시키고 완성된 네 가지의 편측 가철성 국소의치를 각각의 광탄 성 연구모형에 장착하여 안정적으로 지속적인 하중을 가할 수 있는 하중장치에 위 치시킨 후 응력 동결로(PA-2S, Riken Keiki Fine Instrument Co., Japan)에 넣었다 (Figs. 12-14). 응력 동결로 내의 온도를 서서히 상승시켜 55℃가 되면 하중점인 하 악 우측 제1 대구치의 중심와에 적정 무늬차수를 얻을 수 있는 6kg의 수직하중을 가한 채로 30분 지속시킨 후 시간당 4℃로 30℃까지 서냉시켜 총 8시간 동안 동결 주기에 따라서 응력을 동결시켰다(Fig. 15).



Fig. 11. Evaluation of the residual stress prior to the loading. : each model revealed no significant residual stress. A: C-URPD, B: K-URPD, C: ReA-URPD, D: F-URPD



Fig. 12. Loading device.

Fig. 13. Stress freezing furnace.

Fig. 14. Loading device located in the stress freezing furnace.



Fig. 15. Stress freezing cycle for the photoelastic epoxy resin model in the stress freezing furnace.

5. 무늬차수 계측 및 비교

응력 동결이 끝난 광탄성 에폭시 레진 모형에서 금관 또는 가철성 국소의치를 제거한 후, 금속 절단용 톱을 이용하여 치조정을 중심으로 약 6mm 정도의 두께가 되고 근원심 방향으로 우측 견치, 제1,2 소구치와 유리단이 포함되도록 절단하였다. 네 개의 광탄성 모형에서 얻어진 절단시편을 절단면이 활택하게 되도록 연마기를 이용하여 연마한 후 a-bromonaphthalene과 유동파라핀을 1: 0.585로 섞은 혼합액에 침전시키고 투과형 광탄성 실험장치에 장착하였다. 절단시편의 제1,2 소구치와 잔 존 치조제에 근원심 방향으로 생긴 무늬차수를 측정하기 위하여 협측에서 관찰한 후 180mm macro 렌즈가 장착된 디지털 카메라(EOS 20D, Canon, Japan)로 사진 촬 영하였다.

촬영된 사진은 육안 및 광학확대기로 분석하였고 절단시편에서 제1 소구치의 근 심측, 치근단, 원심측, 제2 소구치의 근심측, 치근단, 원심측, 제1 대구치의 중심와 하방, 제2 대구치의 중심와 하방 등 8 개의 측정점을 정하여 무늬차수를 측정하였 다(Fig. 16).



- A: Central fossa just below the 2nd molar artificial tooth
- B: Central fossa just below the 1st molar artificial tooth(loading point)
- C: Distal side(middle) of the root of the 2nd premolar
- D: Root apex of the 2nd premolar
- E: Mesial side(middle) of the root of the 2nd premolar
- F: Distal side(middle) of the root of the 1st premolar
- G : Root apex of the 1st premolar
- H: Mesial side(middle) of the root of the 1st premolar
- Fig. 16. Measuring points of the fringe order number in the sliced specimen.

Ⅲ. 연구 성적

네 개의 절단시편을 a-bromonaphthalene과 유동파라핀을 1: 0.585로 섞은 혼합 액에 침전시키고 편광기를 사용하여 관찰하면 등색선(isochromatic line)과 등경선 (isoclinic line)이 함께 나타난 무늬를 볼 수 있다(Fig. 17). 그리고 동일한 절단시편 을 투과형 광탄성 실험장치에 장착한 후 관찰하면 등경선은 나타나지 않고 광탄성 무늬차수를 보다 정확하게 측정할 수 있는 검은색의 등색선만 볼 수 있다(Fig. 18). 네 가지 편측 유리단 가철성 국소의치에 의해 지대치 주위 치조골 및 의치상 하 부의 잔존 치조제에 발생한 응력 분포를 쉽게 비교할 수 있도록 정해진 측정점의 광탄성 등색선 무늬차수를 측정하여 표와 그래프로 나타내었다(Table I, Fig. 19).

Table I. Fringe order number at each measuring point in the 4 photoelastic sliced specimens

	Measuring point								
URPD	А	В	С	D	Е	F	G	Η	
C-URPD	3.5	8.5	5.5	6.5	1.5	1.0	3.0	0.5	
K-URPD	3.5	6.0	3.5	4.0	0.5	0.5	2.5	0.5	
ReA-URPD	3.5	6.5	0.5	3.0	1.5	0.5	3.5	1.0	
F-URPD	4.0	11.0	7.5	6.0	0.5	0.5	2.5	1.5	

* C-URPD : Unilateral free-end removable partial denture using clasp

* K-URPD : Unilateral free-end removable partial denture using Konus crown

* ReA-URPD : Unilateral free-end removable partial denture using resilient attachment

* F-URPD : Unilateral free-end removable partial denture using flexible resin

1. 클라스프를 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(C-URPD)의 경우

절단 시편에 나타난 최대 무늬차수는 9차이며 최대 응력은 하중점 근처에서 하 중점 보다 전방에 집중된 것으로 나타났다. 측정점에 따른 무늬차수는 잔존 치조제 의 제1 대구치 직하방에서 8.5, 제2 소구치 치근의 원심면 중앙부위에서 5.5차, 제2 소구치의 치근단 부위에서 6.5차, 제1 소구치 치근단 부위에서 3.0차로 나타났다. 국소의치에 가해진 하중이 제2 소구치의 장축을 따라 치조골에 수직으로 전달되는 것으로 관찰되었고 하중에 의해 제2 소구치는 제1 소구치 보다 더 많은 영향을 받 는 것으로 관찰되었다. 최대 응력집중이 하중점 보다 약간 전방에 나타나고 제2 소 구치 치근단 부위에 높은 응력이 나타나는 것으로 보아 국소의치에 의해서 제2 소 구치에 torque가 걸려 있는 것으로 사료된다.



Fig. 17. Stress fringe pattern of the photoelastic sliced specimens under the vertical loading. A: C-URPD, B: K-URPD, C: ReA-URPD, D: F-URPD.

2. 코너스 치관을 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(K-URPD)의 경우 절단 시편에 나타난 최대 무늬차수는 6차이며 최대 응력은 하중점 직하방에서 다소 넓게 나타났다. 측정점에 따른 무늬차수는 잔존 치조제의 제1 대구치 직하방 에서 6.0, 제2 소구치 치근의 원심면 중앙부위에서 3.5차, 제2 소구치의 치근단 부 위에서 4.0차, 제1 소구치 치근단 부위에서 2.5차로 나타났다. 국소의치에 가해진 하중이 제2 소구치의 장축을 따라 치조골에 수직으로 전달되는 것으로 관찰되었고 하중에 의해 제2 소구치는 제1 소구치 보다 더 많은 영향을 받으나 외관에 의해 연결고정된 상태이므로 두 지대치가 주위 치조골에 발생시킨 응력은 감소된 것으 로 관찰되었다. 또한 국소의치에 의해 잔존 치조제에서 응력이 하중점을 중심으로 고르게 분포하여 전체적인 무늬차수가 낮게 관찰되었다.



Fig. 18. Isochromatic fringe pattern of the photoelastic sliced specimens produced by the unilateral free-end removable partial dentures under the vertical loading. A: C-URPD, B: K-URPD, C: ReA-URPD, D: F-URPD.

3. 완압형 어태치먼트를 이용한 편측 유리단 가철성 국소의치(*ReA-URPD*)의 경우

절단 시편에 나타난 최대 무늬차수는 7차이며 최대 응력은 하중점 근처에서 하 중점 보다 후방에 집중된 것으로 나타났다. 측정점에 따른 무늬차수는 잔존 치조제 의 제1 대구치 직하방에서 6.5, 제2 소구치 치근의 원심면 중앙부위에서 0.5차, 제2 소구치의 치근단 부위에서 3.0차, 제1 소구치 치근단 부위에서 3.5차로 나타났다. 또한 하중에 의해 제2 소구치 주위에 나타난 응력과 비슷한 정도의 응력이 제1 소 구치 주위에서도 나타났다. 국소의치에 가해진 하중이 제2 소구치의 장축을 따라 치조골에 수직으로 전달되는 것으로 관찰되었다. 전체적으로 다소 적은 응력이 관 찰되었고 제1,2 소구치 주위 치조골 보다는 잔존 치조제에 다소 높은 응력이 관찰 되었다.



Fig. 19. Line diagram of the fringe order number at each measuring point in the 4 photoelastic sliced specimens.

4. 탄성 레진을 이용한 편측 가철성 국소의치(F-URPD)의 경우

절단 시편에 나타난 최대 무늬차수는 16차이며 최대 응력은 하중점 전방에서 제 2 소구치에 더 근접하여 집중된 것으로 나타났다. 측정점에 따른 무늬차수는 잔존 치조제의 제1 대구치 직하방에서 11.0, 제2 소구치 치근의 원심면 중앙부위에서 7.5 차, 제2 소구치의 치근단 부위에서 6.0차, 제1 소구치 치근단 부위에서 2.5차로 나 타났다. 하중에 의해 제2 소구치는 제1 소구치 보다 더 많은 영향을 받는 것으로 관찰되었다. 전체적으로 높은 응력이 관찰되었고 제1.2 소구치 주위 치조골 보다 잔존 치조제에 집중된 응력이 다른 국소의치에 비해 매우 높게 관찰되었다. 또한 최대 응력집중이 하중점 보다 전방에서 제2 소구치에 가깝게 나타나고 제2 소구치 치근단 부위에 높은 응력이 나타나는 것으로 보아 국소의치에 의해서 제2 소구치 에 C-URPD에서 보다 더 큰 torque가 걸려 있는 것으로 사료된다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

임상에서 편측으로 하악 제1,2 대구치가 결손된 경우를 비교적 흔하게 볼 수 있는데 이에 대해서 여러 가지 보철수복 방법을 고려할 수 있다. 환자는 결손된 치아가 소수이고 반대쪽 대구치가 존재하기 때문에 기능적으로 불편함을 별로 느끼지 않으며, 결손 부위가 심미적으로 중요한 부위가 아니므로 보철 수복에 대해서 소극적인 경우가 많다. 또한 편측 구치부 유리단 결손을 수복하기 위해서 가철성 국소의치는 주로 양측성으로 설계되는데, 이 때 국소의치의 주연결장치가 반대측 치열까지 연장되고 유지장치가 많아서 환자에게 불편함을 줄 수 있으며 환자가 의치를 잘 사용하지 않을 가능성이 크다. 그러나 편측 구치부 결손을 보철수복하지 않으면 근신경계의 불안정, 저작효율의 감소, 교합수직고경의 소실, 대합치의 정출, 전치의 마모 등 많은 문제를 초래할 수 있다. 특히 대합치가 정출되면, 결손 부위를 보철 수복하기 위해서 정출된 대합치에 대한 교정치료, 근관치료, 보철치료 등 추가적인 치료가 요구되므로 기능적인 장애 회복 뿐만 아니라 잔존 구강 조직의 보존을 위해서 적절한 보철물로 신속하게 수복해 주어야 한다³⁾.

최근 임플란트의 기술적인 발전, 임플란트에 관한 다양한 임상 적용 및 연구의 증가, 인접한 잔존 치아를 삭제하지 않고 보철수복하는 임플란트의 장점으로 인하 여 편측 구치부 유리단 결손을 수복할 때 임플란트를 이용한 보철 수복이 우선적 인 치료방법으로 인정되고 있다. 그러나 방사선 치료를 받은 경우, 정신적인 문제 가 있는 경우, 혈액학적 질환이 있는 경우 등 환자의 신체적인 조건이 임플란트의 성공을 보장할 수 없다고 판단되거나 환자의 경제적 조건, 환자의 수술에 대한 막 연한 거부 등으로 인하여 임플란트를 이용한 보철 수복을 할 수 없는 경우에는 적 절한 가철성 국소의치로 치료해 주어야 하며 그 수도 증가하고 있다⁴.

가철성 국소의치는 고정성 국소의치나 임플란트로 치료할 수 없는 환자에서 많 이 사용되어지는 보철 술식으로 그 종류와 설계가 환자의 상태나 술자의 치료계획 에 따라 다양하다. 편측 구치부 유리단 결손을 수복하기 위해서 환자가 저작, 연하, 발음하는 동안 편하게 느낄 수 있는 다양한 편측 유리단 가철성 국소의치가 임상 에서 적용되고 있다.

Thompson 등²⁰⁾은 후방연장 국소의치에 근심 교합면 레스트를 설계하면 국소의 치에 가해지는 외력을 지대치에서 수직으로 치조골에 전달할 수 있으므로 원심 교 합면 레스트보다 더 좋은 결과를 얻는다고 보고하였고, Pezzoli 등²⁷⁾도 직접유지장 치에 관한 광탄성 실험에서 근심 교합면 레스트가 원심 교합면 레스트보다 응력분 포 양상이 더 양호하다고 보고하였다. 또한 Ko 등⁵⁹⁾도 근심 및 워싞 교합면 레스 트를 설계한 하악 국소의치에 대한 연구에서 근심 교합면 레스트로 설계된 국소의 치가 잔존 치조제에 더욱 균형있게 응력을 분산시킨다고 보고하였다. Back-action 클라스프에 관한 연구를 살펴보면, Shohet⁶⁹⁾는 back-action 클라스프가 Akers 클라 스프보다 응력분산에 더 유리하다고 보고하였다. 본 연구에서는 제2 소구치 근심 교합면에 레스트를 갖는 back-action 클라스프를 직접유지장치로, 견치와 제1 소구 치 사이에 embrasure hook을 간접유지장치로 설계한 클라스프를 이용한 편측 국소 의치를 적용하였다. 김과 유⁶⁶⁾는 back-action 클라스프에 의해 응력이 지대치에서 유리단 끝쪽으로 점점 증가하는 것으로 나타났으며 유리단 끝 부위의 골이 흡수될 가능성이 있다고 보고하였는데, 본 연구에서는 back-action 클라스프에 의한 최대 응력이 제2 소구치 후방 근처에 나타났으며 유리단 끝 부위의 응력이 제2 소구치 근처보다 더 낮게 관찰되어 이와 상의한 결과를 보였다. 또한 국소의치에 가해진 하중이 잔존 치조제 뿐만 아니라 유지장치에 의해 제1.2 소구치를 통해 주위 치조 골에 전달되는 것으로 나타났으며 제2 소구치에서 응력이 수직으로 전달되는 것은 근심 교합면 레스트에 의한 것으로 사료된다.

코너스 치관을 이용한 국소의치는 Körber⁷⁰⁾에 의해 개발 및 고안되었으며, 지대 치와 의치상이 비완압 방식으로 연결되므로 견고한 지지를 얻을 수 있어 점막에 의해 지지되는 양이 적으며 지대치와 의치가 일체화되어 기존 가철성 국소의치에 비해 유지, 파지, 안정의 측면에서 뛰어난 것으로 알려져 있다^{37,38)}. 본 연구에서는 제1,2 소구치에 대해 내관에 6°를 부여하여 단일금관으로 제작하고 외관은 연결고 정하여 제작한 편측 가철성 국소의치를 적용하였다. Igarashi 등³⁸⁾은 생체내 실험을 통해, 코너스 치관을 이용한 국소의치를 장착한 환자에서 지대치의 원심측 이동량 이 레스트가 없는 가공선 클라스프와 원심 레스트를 갖는 Akers 클라스프 보다 더 적게 나타났으며 점막 부담능력도 20%로 가장 적었다고 보고하였다. 본 연구에서 코너스 치관을 이용한 국소의치의 응력분포는 지대치 주위 치조골과 잔존 치조제 에 균형있게 나타났으며 특히 잔존 치조제에서 다른 국소의치에 비해 더 적은 응 력이 관찰되었다. 또한 클라스프를 이용한 국소의치와 비교하면, 코너스 치관을 이 용한 국소의치에 의해 제2 소구치 주위에 발생한 응력이 클라스프를 이용한 국소 의치에 의해 발생한 응력보다 더 적게 나타나고 잔존 치조제 부위에서 최대 응력 집중이 클라스프를 이용한 국소의치는 하중점 전방에 나타나는 반면에 코너스 치 관을 이용한 국소의치는 하중점 직하방에 나타났다. 이는 코너스 치관을 이용한 국 소의치가 외관에 의해 제1 소구치와 연결고정되어 제2 소구치를 원심으로 이동시 키는 양이 클라스프를 이용한 국소의치에서 보다 더 적고 두 지대치가 하중을 분 담하여 응력이 감소된 것으로 사료된다.

1906년 Chaves가 최초로 정밀부착형 유지장치를 고안한 이래, 후방연장 가철성 국소의치를 설계할 때 의치에 가해지는 힘을 지대치와 잔존치조제에 효과적으로 분산시킬 수 있는 가철성 국소의치의 유지장치로 클라스프 대신에 어태치먼트가 심미적이고 기능적으로 유리하다는 점에서 많이 쓰이고 있다¹²⁾. Kratochvil 등⁴¹⁾은 여러 가지 정밀부착형 유지장치를 광탄성 응력분석법으로 비교하여 Dalbo 어태치 먼트가 잔존 치조제에 가장 큰 응력을 전달하지만 지대치에는 가장 적은 응력을 나타냈다고 보고했다. 또한 Cecconi 등⁴⁰⁾, White⁵⁷⁾, Kratochvil 등⁴¹⁾은 연구를 통해 Dalbo 어태치먼트의 우수한 완압효과를 보고하였다. 본 연구에서 완압형 어태치먼 트인 Dalbo[®]-S 어태치먼트를 이용한 국소의치를 적용하여 지대치의 주위 치조골 과 잔존 치조제에 다소 고른 응력 분포를 관찰하였다. 다른 국소의치에 비해 제1 소구치의 주위 치조골에서 제2 소구치의 주위 치조골에 나타난 응력과 비슷한 정 도의 분포를 관찰하였는데 이는 서로 연결고정된 제1.2 소구치가 국소의치에 가해 진 하중을 균등하게 분담하기 때문으로 사료된다. 또한 잔존 치조제에 발생한 응력 분포 양상을 보면 최대 응력집중이 하중점 보다 후방에 나타나고 응력이 잔존 치 조제에 수직적으로 일정하게 분산되는 양상과 제2 소구치 치근의 근・원심 부위에 발생한 응력이 적은 것으로 보아 완압형 어태치먼트의 연결부에서 응력 완압이 되 어 클라스프를 이용한 국소의치와 탄성 레진을 이용한 국소의치에 비해 지대치에 가해지는 torque가 적은 것으로 사료된다.

탄성 레진인 Valplast[®]는 1950년대에 Nagy에 의해 심미적인 가철성 국소의치를 제작하기 위한 노력의 결과로 발명되었는데 투명하고 얇기 때문에 잇몸의 자연스

런 색조가 비춰 보이고 쉽게 구별되지 않아 심미적으로 우수하다고 알려져 있다^^^ 또한 부분적으로 결손된 부위에 대하여 인접 치아를 거의 삭제하지 않고 가철성 국소의치를 제작할 수 있다. 탄성 레진을 이용한 국소의치는 점막에 의해 지지되기 때문에 하중이 대부분 잔존 치조제에 전달될 것으로 생각되어 지는데 아직까지 이 에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았다. 본 연구에서 타성 레진을 이용한 국소의 치에 대한 응력을 분석한 결과, 국소의치에 가해진 하중이 다른 국소의치에 비해 지대치 주위 치조골 보다는 잔존 치조제에 더 많이 전달되는 것으로 나타났다. 이 는 지대치가 약한 경우에 국소의치에 가해진 힘을 지대치 보다는 잔존 치조제에 좀 더 많이 분산시키고자 할 때 적용할 수 있으며, 대합되는 치열이 의치인 경우 교합력이 크지 않으므로 기능적으로 양호한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 지대치를 연결고정하는 것에 관하여, Glickman 등⁷²⁾은 광탄성 연구를 통해 연결 고정한 지대치에 가해진 힘이 보다 더 치아장축으로 전달된다는 것을 보여주었다. Kratochvil 등⁴¹⁾은 후방연장 국소의치에서 어태치먼트 유지 장치가 사용될 때 인접 지대치를 연결고정하는 것이 중요하다고 말하였다. El Charkawi와 El Wakad⁷³는 치관외 어태치먼트를 이용한 국소의치에 의해 지대치에 나타난 응력을 strain gauge로 분석한 연구에서 후방연장 국소의치에 치관외 어태치먼트가 사용될 때는 적어도 두 개의 치아를 연결고정할 것을 추천하였다. 또한 어태치먼트에서 보상암 의 사용은 어태치먼트에 의해 나타나는 힘을 줄이고 어태치먼트의 보상 작용을 증 진시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 완압형 어태치먼트를 이용한 국소의치를 제작할 때 제1.2 소구치를 연결고정하여 제작하였고 어태치먼트 연결부에서 응력 완압이 일어나 국소의치에 가해진 응력을 잔존 치조제에 수직적으로 균일하게 전 달하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 4 개의 편측 유리단 가철성 국소의치에 따른 잔존 치조제에 발생한 응력을 서로 비교한 결과 C-URPD, K-URPD, ReA-URPD는 F-URPD보다 잔존 치조제에 발생한 응력이 더 적은 것으로 나타났다. 이는 C-URPD, K-URPD, ReA-URPD 같은 국소의치가 지대치와 연결되는 방식은 다르지만 지대치의 지지를 얻어서 하중을 지대치를 통해 주위 치조골에 응력을 분산시키기 때문에 잔존 치조 제에는 보다 더 적은 응력이 발생하는 것으로 사료된다. 그러나 F-URPD는 교합면 레스트가 없어서 지대치의 지지를 충분히 얻지 못하기 때문에 다른 가철성 국소의 치에 비해 잔존 치조제에 훨씬 많은 응력을 발생시킨 것으로 나타났다. 만약 F-URPD에 교합면 레스트를 형성하여 지대치로부터 지지를 얻게 된다면 그 응력 분포 양상은 다르게 나타날 것으로 예측되며 앞으로 이에 대해 좀 더 깊이 연구되 어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제2 소구치 주위 치조골에 발생한 응력을 서로 비교한 결과 K-URPD, ReA-URPD는 C-URPD, F-URPD보다 더 적은 응력이 발생한 것으로 나타났다. 이는 K-URPD, ReA-URPD 같은 국소의치에 가해진 하중이 최후방 지 대치인 제2 소구치에만 영향을 주지 않고 연결고정된 제1 소구치에도 하중을 전달 하기 때문인 것으로 사료된다. 반면에 C-URPD, F-URPD 같은 국소의치는 지대치 가 연결고정되지 않았기 때문에 국소의치에 가해진 하중이 주로 제2 소구치를 통 해 주위 치조골에 전달되는 것으로 나타났다. 만약 C-URPD, F-URPD를 적용시 인접 치아가 연결고정된 상태이면 그 응력 분포 양상이 다르게 나타날 것으로 예 측되며 이에 대해서도 연구되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 가철성 국소의치의 인공치를 치조제의 중간에 배열하고 제1 대구 치의 중심와에 6kg의 수직하중을 가하여 응력을 협측에서 관찰하여 비교하였다. 그 러나 Kydd 등⁷⁴⁾은 유리단 국소의치가 기능하는 동안에 측방으로 움직이는 경향이 있으며 가벼운 측방력의 경우에도 수직력보다 지지조직의 파괴를 더 많이 유발하 기 때문에 간과해서는 안 된다고 주장하였다. 이에 따라 경사하중을 가했을 때 발 생하는 응력분포 양상에 대해 앞으로 좀 더 깊이 연구해야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 응력을 분석하기 위해 사용한 3차원 광탄성 응력분석법은 비록 치 근막의 재현이 어렵고 치조골과 동일한 응력분포를 볼 수 없는 한계가 있지만 구 강 구조물과 같은 복잡한 구조물의 응력 분석이 가능하고, 복잡한 하중 조건에 따 라 보철물에 의해 실제 내부에 발생한 전체적인 응력 분포를 잘 볼 수 있으며 주 어진 어떤 지점에서도 응력의 차이를 쉽게 비교 관찰하고 해석할 수 있는 장점이 있다⁶⁴⁻⁶⁸⁾.

그러므로 본 연구에서 편측 유리단 가철성 국소의치의 제1 대구치 중심와 부위 에 6kg의 수직하중을 가했을 때 최후방 지대치인 제2 소구치 치근단에 집중되는 응력은 C-URPD, F-URPD, K-URPD, ReA-URPD의 순으로 감소하며, 하중점 직 하방의 잔존 치조제에 집중되는 응력은 F-URPD, C-URPD, ReA-URPD, K-URPD의 순으로 감소함을 알 수 있었다. 이상의 결과로 보아 K-URPD가 응력 분산의 관점에서 가장 유리하다고 사료된다.

편측 유리단 가철성 국소의치를 설계할 때는 잔존 지대치와 치조제의 상태를 임 상적 및 방사선학적으로 정확히 평가하고 대합치의 상태, 환자의 식습관 등을 고려 하여 설계해야 할 것으로 사료된다. 또한 편측 설계시 지지 및 안정이 편측으로만 설계되어 광범위하게 응력을 분산시킬 수 없으므로 결손길이가 아주 작은 경우, 교 합력이 약한 경우, 지대치의 잔존 골 지지 및 의치상의 지지가 양호한 경우에 사용 하는 것이 좋으리라 사료된다.

V. 결 론

하악 우측 제1,2 대구치가 결손된 Kennedy class Ⅱ 증례에서 임상적으로 적용 할 수 있는 편측 유리단 가철성 국소의치인 클라스프를 이용한 국소의치, 코너스 치관을 이용한 국소의치, 완압형 어태치먼트를 이용한 국소의치, 탄성 레진을 이용 한 국소의치 등의 보철물 종류에 따른 제1 대구치 중심와 부위에 6kg의 수직하중 시 지대치 주위 치조골 및 의치상 하부의 잔존 치조제에 발생하는 응력 분포 양상 을 3차원 광탄성 분석법으로 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 절단시편에 나타나는 응력은 모두 압축 응력만 관찰되었다.

- 2. 각 절단 시편의 등색선 최대 무늬차수는 F-URPD, C-URPD, ReA-URPD, K-URPD 순으로 높게 관찰되었다.
- 하중점 직하방의 잔존 치조제에 발생한 무늬차수는 F-URPD, C-URPD, ReA-URPD, K-URPD 순으로 높게 관찰되었다.
- 4. 제2 소구치 치근단에 발생한 무늬차수는 C-URPD, F-URPD, K-URPD, ReA-URPD 순으로 높게 관찰되었다.
- 5. K-URPD는 다른 편측 유리단 가철성 국소의치에 비해 수직하중을 지대치 주위 치조골과 잔존 치조제에 가장 균형있게 전달하는 것으로 나타났다.

결론적으로, 수직하중시 지대치 주위 치조골과 잔존 치조제에 대한 응력 분산 관 점에서 볼 때 네 가지 편측 유리단 가철성 국소의치 중에서 K-URPD가 가장 유리 한 설계였다. 한편 F-URPD는 지대치 주위 치조골 보다 잔존 치조제에 더 높은 응 력 분포를 보여주었지만 지대치를 삭제하지 않는 장점 때문에 임상적으로 고려해 볼 만 하다.

참고문헌

- 1. Park KJ. Survey on the cause of tooth loss in the koreans. J Korean Acad Dent Health 1981;5(1):52–54.
- Kim SK, Park HK. Permanent tooth mortality and cause of tooth loss; A clinical and statistical study. J Kor Oral Maxillofac Surg 1991;17(2):63–82.
- 3. Battistuzzi P, Käyser AF, Kanters N. Partial edentulism, prosthetic treatment and oral function in a Dutch population. J Oral Rehabil 1987;14:549–555.
- Berg T, Caputo, AA. Maxillary distal-extension removable partial denture abutments with reduced periodontal support. J Prosthet Dent 1993;70:245-250.
- Son HS, Kay KS. A photoelastic stress analysis in mandibular distal extension removable partial denture designed unilaterally with different direct retainers. J Korean Acad Prosthodont 1992;30(1):25-42.
- Park I, Eto M, Wakabayashi N, Hideshima M, Ohyama T. Dynamic retentive force of a mandibular unilateral removable partial denture framework with a back-action clasp. J Med Dent Sci 2001;48:105–111.
- Jin X, Sato M, Nishiyama A, Ohyama T. Influence of loading positions of mandibular unilateral distal extension removable partial dentures on movements of abutment tooth and denture base. J Med Dent Sci 2004;51:155–163.
- Vang MS. Case reports on the removable partial dentures with Konus telescope. J Korean Acad Prosthodont 1997;35(1):67-77.
- Kay KS, Shin HD, Song HN. Clinical cases & treatment conception for the distal extension removable partial denture using the attachment. Oral Biology Research 2005;29(1):113-134.
- Shin SW, Ahn WJ, Jung YJ. A three dimensional finite element stress analysis on the force distribution by distal extension partial dentures employing attachments. J Korean Acad Prosthodont 1998;36(6):878-887.
- 11. Park CW, Hwang YP, Kay KS. Prosthetic restoration of partially edentulous

patients using the Valplast[®] flexible partial denture system. Oral Biology Research 2006;30(2):55-73.

- McGivney GP, Castleberry DJ. McCracken's Removable Partial Prosthodotics. 9th ed. St. Louis : Mosby Co. 1995.
- Ortman HR. Factors of bone resorption of the residual ridge. J Prosthet Dent 1962;12(3):429-440.
- Atwood DA, Coy WA. Clinical cephalometric and densitometric study of residual ridge. J Prosthet Dent 1971;26(3):280-295.
- Monteith BD. Management of loading forces on mandibular distal-extension prostheses. Part I: Evaluation of concepts for design. J Prosthet Dent 1984;52(5):673-681.
- Monteith BD. Management of loading forces on mandibular distal-extension prostheses. Part II: Classification for matching modalities to clinical situations. J Prosthet Dent 1984;52(6):832-836.
- Browning JD, Meadors LW, Eick JD. Movement of three removable partial denture clasp assemblies under occlusal loading. J Prosthet Dent 1986;55(1):69-74.
- 18. Frechette AR. The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth. J Prosthet Dent 1956;6(2):195-212.
- 19. Demer WJ. An analysis of mesial rest-I-bar clasp designs. J Prosthet Dent 1976;36(3):243-253.
- Thompson WD, Kratochvil FJ, Caputo AA. Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various design of bilateral distal-extension removable partial dentures. J Prosthet Dent 1977;38(3):261-273.
- Kydd WL, Daly CH. The biologic and mechanical effects of stress on oral mucosa. J Prosthet Dent 1982;47(3):317–329.
- 22. Hindels GW. Load distribution in extension saddle partial dentures. J Prosthet Dent 1952;2(1):92-100.
- 23. Lee RE. Mucostatics. Dent Clin N Am 1980;24(1):81-96.

- 24. Holmes JB. Influence of impression procedures and occlusal loading on partial denture movement. J Prosthet Dent 2001;86(4):335–341.
- 25. Leupold RJ, Flinton RJ, Pfeifer DL. Comparison of vertical movement occurring during loading of distal-extension removable partial denture bases made by three impression techniques. J Prosthet Dent 1992;68(2):290-293.
- Weinberg LA. Lateral forces in relation to the denture base and clasp design. J Prosthet Dent 1956;6(6):785–800.
- Pezzoli M, Rossetto M, Calderale PM. Evaluation of load transmission by distal-extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity. J Prosthet Dent 1986;56(3):329–337.
- 28. Kratochvil FJ, Caputo AA. Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. J Prosthet Dent 1974;32(1):52–61.
- Eick JD, Browning JD, Stewart CD, McGarrah HE. Abutment tooth movement related to fit of a removable partial denture. J Prosthet Dent 1987;57(1):66-72.
- 30. Plotnick IJ, Beresin VE, Simkins AB. The effect of variations in the opposing dentition on changes in the partially edentulous mandible. PartIII: Tooth mobility and chewing efficiency with various maxillary dentitions. J Prosthet Dent 1975;33(5):529-534.
- Briede UA. Untersuchungen zur Prosthesendynamik an totalen und partiellen Prothesen. Deutsch zahanäraztl Z 1970;25:793.
- Hirschtritt E. Removable partial dentures with stress-broken extension bases. J Prosthet Dent 1957;7(3):318-324.
- Levin B. Stressbreakers: A practical approach. Dent Clin N Am 1979;23(1):77-86.
- Reitz PV, Caputo AA. A Photoelastic study of stress distribution by a mandibular split major connector. J Prosthet Dent 1985;54(2):220-225.
- Isaacson GO. Telescopic crown retainers for removable partial dentures. J Prosthet Dent 1969;22(4):436-448.

- Crum RJ, Loiselle RJ. Oral perception and proprioception: A review of the literature and its significance to prosthodontics. J Prosthet Dent 1972;28(2):215–230.
- 37. Langer A. Telescopic retainers for removable partial dentures. J Prosthet Dent 1981;45(1):37-43.
- 38. Igarashi Y, Ogata A, Kuroiwa A, Wang CH. Stress distribution and abutment tooth mobility of distal-extension removable partial dentures with different retainers: an in vivo study. J Oral Rehabil 1999;26:111-116.
- Preiskel HW. Impression techniques for attachment retained distal extension removable partial denture. J Prosthet Dent 1971;25(6):620-628.
- Cecconi BT, Kaiser G, Rahe A. Stressbreakers and the removable partial denture. J Prosthet Dent 1975;34(2):145–151.
- Kratochvil FJ, Thompson WD, Caputo AA. Photoelastic analysis of stress patterns on teeth and bone with attachment retainers for removable partial dentures. J Prosthet Dent 1981;46(1):21–28.
- 42. Saito M, Miura Y, Notani K, Kawasaki T. Stress distribution of abutments and base displacement with precision attachment- and telescopic crown-retained removable partial dentures. J Oral Rehabil 2003;30:482-487.
- 43. Craig RG, Peyton FA. Measurement of stresses in fixed-bridge restorations using a brittle coating technique. J Dent Res 1965;44(4):756-762.
- 44. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E. The effect of partial denture clasp design on abutment tooth movement. J Prosthet Dent 1971;25(1):44-56.
- 45. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E. Removable partial denture abutment tooth movement as affected by inclination of residual ridges and type of loading. J Prosthet Dent 1971;25(4):375-381.
- 46. Ogata K, Shimizu K. Longitudinal study on forces transmitted from denture base to retainers of lower free-end saddle dentures with Akers clasps. J Oral Rehabil 1991;18:471-478.
- 47. Charkawi HG, Wakad MT. Effect of splinting on load distribution of

extracoronal attachment with distal extension prosthesis in vitro. J Prosthet Dent 1996;76(3):315-320.

- Ahn HY, Kim KJ, Cho HW, Jin TH. Stress analysis of abutment for distal extension removable partial denture by clasp design and impression method. J Korean Acad Prosthodont 2001;39(5):547–555.
- Ahn HY, Jin TH. Effects of abutment splinting on stress distribution in unilateral distal extension RPD. J Korean Acad Prosthodont 2004;42(2):154-166.
- Ryden H, Bjelkhagen H, Soder P. The use of laser beams for measuring tooth mobility and tooth movement: An in vitro study. J Periodontol 1974;45(5):283-287.
- Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. J Prosthet Dent 1977;38(2):216–225.
- 52. Browning JD, Eick JD, McGarrah HE. Abutment tooth movement measured in vivo by using stereophotogrammetry. J Prosthet Dent 1987;57(3):323-328.
- 53. Craig RG, Farah JW. Stresses from loading distal-extension removable partial denture. J Prosthet Dent 1978;39(3):274-277.
- 54. Takahashi N, Kitagami T, Komori T. Analysis of stress on a fixed partial denture with a blade-vent implant abutment. J Prosthet Dent 1978;40(2):186-191.
- 55. Wright KWJ, Yettram AL. Reactive force distributions for teeth when loaded singly and when used as fixed partial denture abutments. J Prosthet Dent 1979;42(4):411-416.
- 56. Kim KS, Kim KN, Chang IT. A 3-dimensional finite element stress analysis on the supporting tissues of removable partial dentures with various retainer designs. J Korean Acad Prosthodont 1995;33(3):413-439.
- 57. White JT. Visualization of stress and strain related to removable partial denture abutments. J Prosthet Dent 1978;40(2):143-151.
- 58. MacGregor AR, Farah JW. Stress analysis of mandibular partial dentures

with bounded and free-end saddles. J Dent 1980;8(1):27-34.

- 59. Ko SH, McDowell GC, Kotowicz WE. Photoelastic stress analysis of mandibular removable partial dentures with mesial and distal occlusal rests. J Prosthet Dent 1986;56(4):454-460.
- Chou TM, Caputo AA, Moore DJ, Xiao B. Photoelastic analysis and comparison of force-transmission characteristics of intracoronal attachments with clasp distal-extension removable partial dentures. J Prosthet Dent 1989;62(3):313-319.
- Itoh H, Caputo AA, Wylie R, Berg T. Effects of periodontal support and fixed splinting on load transfer by removable partial dentures. J Prosthet Dent 1998;79(4):465-471.
- 62. Thompson WD, Kratochvil FJ, Caputo AA. Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal-extension removable partila dentures. J Prosthet Dent 2004;91(2):105-113.
- Zak B. Photoelastische analyse in der orthodonischenmechanick. A Stomatol 1935;33:22–37.
- Stewart BL, Edwards RO. Removable partial denture design: A photoelastic study. J Biomedical Materials Research 1984;18:979-990.
- 65. Cho HW, Chang IT. A photoelastic stress analysis of bilaeral distal extension removable partial denture with attachment retainers. J Korean Acad Prosthodont 1985;23(1):97-112.
- 66. Kim BM, Yoo KH. Three-dimensional photoelastic stress analysis of clasp retainers influenced by various designs on unilateral free-end removable partial dentures. J Korean Acad Prosthodont 1994;32(4):526-552.
- 67. Son JY, Lee CH, Jo KH. A photoelastic stress analysis in the surrounding tissues of teeth seated by indirect retainers when applied dislodging forces on unilateral distal extention partial dentures. J Korean Acad Prosthodont 1996;34(3):415-430.
- 68. Lee SH, Lee CH, Jo KH. Analysis of stress developed within the supporting

tissue of abutment tooth with indirect retainer according to various designs of direct retainer and degree of bone resorption. J Korean Acad Prosthodont 1998;36(1):150-165.

- 69. Shohet H. Relative magnitudes of stress on abutment teeth with different retainers. J Prosthet Dent 1969;21:267-282.
- 70. Körber KH. Konuskronen-ein physikalisch definiertes telescope system. Dtsch Zahnärztl Z 23; 619, 1968.
- Valplast[®] Processing Technique. Valplast International Corporation. 1998; 4-9.
- 72. Glickman I. Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal forces. J Periodontal 1970;41(1):30-35.
- 73. El Charkawi HG, El Wakad MT. The effect of splinting on load distribution of extracoronal attachment with distal extension prosthesis in vitro. J Prosthet Dent 1996;76:315-320.
- 74. Kydd WL, Dutton DA, Smith DW. Lateral forces exerted on abutment teeth by partial dentures. J Am Dent Assoc 1964;68:859.