

인비절라인 시스템을 이용한 부정교합의 진단 및 치료

김형수¹⁾ · 안재현²⁾ · Robert L. Boyd³⁾

최근 컴퓨터 소프트웨어의 발전으로 환자의 모형을 scanning하여 3차원 가상 모델을 만드는 것이 가능하게 되었다. 이러한 모델은 컴퓨터로 처리되어 치료 시작부터 끝까지 여러 단계의 치아 이동이 이루어 지고, 치아 이동의 각 단계 별로 stereolithographic model이 만들어 지는데, 이는 일련의 투명하고 얇은 overlay 장치를 제작하는 기초가 된다. 계획된 치아 이동의 단계에 따라 치아를 움직이기 위해서는 환자가 장치를 항상 사용해야 하며, 중정도의 crowding과 공간 폐쇄는 이 장치로 치료가 용이하다는 것이 입증되었다. 지금까지 이 장치를 경험해 본 결과, 고정성 교정장치에 비해 환자가 불편을 덜 느끼고 심미성과 구강 청결이 좋아 환자의 협조도가 뛰어났다. 이 장치는 완전히 맹출된 영구 치열 환자에서 부정교합에 대한 또 하나의 유용한 접근법이라 할 수 있다.

(주요 단어 : 인비절라인 시스템, ClinCheck[®], aligner, attachment)

I. 서 론

최근 교정치료를 원하거나 실제로 치료를 받는 성인 환자의 수가 현저히 늘고 있다. 교정치료를 통해 구강 악안면의 기능이 개선되고 심미가 향상되며 심리적으로도 많은 안정감을 찾을 수 있지만, 교정치료 중에 발생하는 약간의 통증과 불편함, 그리고 특히 성인에 있어서 교정 장치에 의한 심미적인 문제 때문에 교정치료를 주저하고 있는 것이 사실이다¹⁾. 이러한 제반 문제들을 극복하고자 하는 노력에서 인비절라인 시스템이 탄생하였는데, 이는 3차원 디지털 기술에만 의존하는 최초의 교정치료 방법으로, 1997년에 Align Technology, Inc.(Santa Clara, CA, USA)에 의해 개

발되었다. 인비절라인은 부정교합의 3차원 영상 프로그램을 통해서 일련의 algorithmic stage가 만들어지며, 이것이 치아를 정확하게 움직이는 기본이 되고 단계별 치아 이동량은 0.15-0.25mm 정도이다. 실제 치아 이동을 위한 장치를 제작하기 위하여 먼저 각 단계 별로 stereolithographic model*²⁾을 제작하며, 이 모형에 맞추어 제작된 0.030 inch 두께의 투명 overlay 장치를 1-2주 동안 환자가 순서대로 사용한다. 이 장치는 투명하고 가철식이므로 심미적이고 청결유지가 용이하다.

Setup model과 elastic positioner를 이용하여 각 단계별로 치아를 움직이는 개념은 1945년에 Kesling²⁾에 의해 최초로 도입되었는데, 이는 제작 과정이 너무 복잡하여 어려운 증례에는 사용하기 곤란하며, 언젠가는 이러한 기술적인 문제가 해결될 것임을 시사하였다. 후에 Ponitz³⁾, McNamara⁴⁾, Sheridan^{5,6)}, Rinchuse와 Rinchuse⁷⁾, 그리고 Lindauer와 Shoff⁸⁾에 의해 사용되었으나 전체 치아 이동을 정확한 단계별

¹⁾ 미국 UOP 치대 교정과 research fellow

²⁾ 개업의(Santa Clara, California, USA)

³⁾ 미국 UOP 치대 교정과 과장

교신저자 : 김형수

Department of Orthodontics, School of Dentistry, University of the Pacific 2155 Webster Street, San Francisco, CA 94115 /415-452-4261

ksics2000@yahoo.com

*주) UV laser를 이용하여 빛에 민감한 레진으로 만들어진 모형을 말하며, aligner 제작을 위한 기초가 된다.

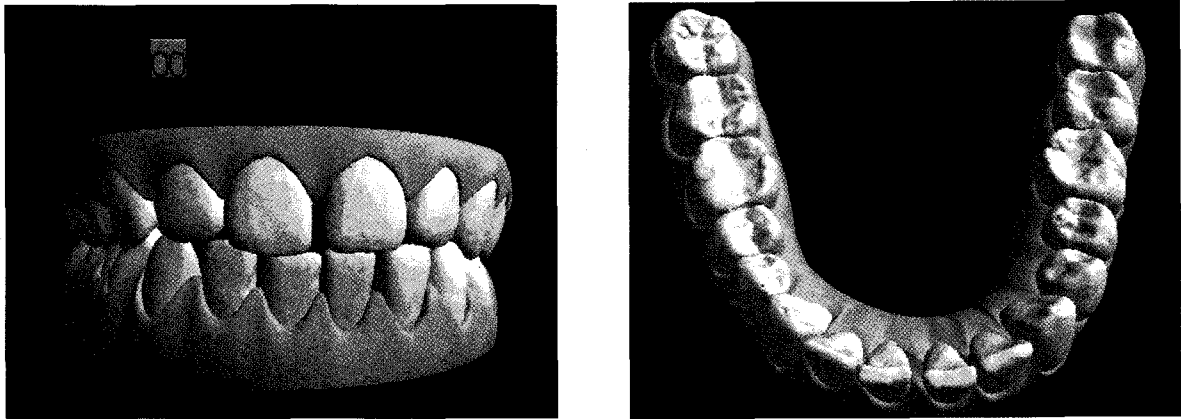


Fig. 1. Based on the doctor's detailed treatment plan, technicians generate a virtual correction of the malocclusion which is e-mailed to doctor (ClinCheck®)

로 수작업해야 하는 기술적인 어려움 때문에 단지 소량의 변화만이 가능하였다.

최근 인비절라인에 대한 임상 연구를 통해 3-6mm의 crowding과 3-6mm의 공간 폐쇄를 포함하는 중등도의 부정교합 환자에서 성공적인 결과가 보고되었으며⁹⁾, 더 복잡한 증례에 대한 연구가 현재 진행 중이다.

II. 적응증 및 장단점

치료 결과는 술자의 경험뿐 아니라 증례 선택에 많이 의존한다. 이 장치는 치아 이동 종류에 따라 predictability가 다르므로 증례 선택에 신중을 기해야 한다. 현재 이 장치를 사용할 수 있는 증례 선택 기준은 영구치 맹출이 완성된 환자이어야 하고 성장 발육이 치료에 영향을 미치지 않아야 한다. 아직까지는 컴퓨터 프로그램에 환자의 성장에 대한 요소가 들어 있지 않다.

인비절라인 시스템으로 치료가 용이한 증례는 mild spacing(1-3mm), moderate spacing(4-6mm), mild crowding(1-3mm), moderate crowding(4-6mm), dental origin의 narrow arch(4-6mm), 재발된 증례 등이며, 어렵고 복잡한 증례는 고정성 교정장치를 먼저 사용한 후 인비절라인을 적용시킬 수 있다¹⁰⁾. 소구치 발치 증례, 심한 과개교합과 개방교합, 매복치, forced eruption, skeletal expansion, 악관절 질환 환자 등은 인비절라인을 적용하기 어려우나 현재 연구가 진행중이므로 멀지 않은 장래에 해결될 수 있으리라고 생각된다.

고정성 교정장치와 비교하여 이 장치의 최대 장점

은 심미성이 우수하고 환자가 장치를 제거 할 수 있다는 것이다. 이러한 이유 때문에 외모가 중요하고 대중 앞에서 말을 해야 하는 사람들에게는 이 장치가 매우 유리하다. 또 다른 장점은 치료중에 미백 치료를 할 수 있으며 잇골질과 치실의 사용 등 정상적인 치아 관리가 가능하고 환자가 직접 ClinCheck®을 통해 치료 과정을 monitor 할 수 있다는 것이다(Fig. 1).

그러나 이 장치의 한계점으로는, 치관이 짧으면 유지력을 얻기가 힘들기 때문에 모든 영구치의 맹출이 완전히 이루어져야 하며 장치를 통해 악골에 정형적인 변화를 줄 수 없기 때문에 치아 이동만을 필요로 하는 부정교합에 국한하여 사용해야 한다. 또한 치료 중에는 치아의 해부학적 형태를 바꿀 수 없으므로 중요한 수복 치료는 교정 치료 시작 전에 이루어 져야 한다. 고정성 교정장치나 다른 치료법과는 달리 이 장치를 이용한 치료 계획은 일단 시작되면 변경할 수 없으나, 불가피하게 변경하게 되면 치료기간과 비용이 증가된다. 현재는 치관의 위치만이 computer program상에 나타나며, 치관의 경사가 치근의 경사와 항상 일치하지 않으므로 치관의 위치는 정상이나 치근의 위치가 좋지 않을 경우가 있다. 그러나 앞으로 가상 치근의 적용이 가능할 것으로 본다. 이 장치의 또 다른 단점은 두부의 경조직과 연조직을 computer 가상 치료에 넣을 수 없다는 것인데, 그래서 치아와 기저골 혹은 연조직과의 관계를 정확히 알 수 없다.

일반적으로 환자가 부담하는 비용은 기존의 교정장치보다 조금 더 드는데, 이는 모형을 scanning 하여 가상 치료를 개발하고 장치를 제작, 운송하는데 소요되는 비용 때문이다.

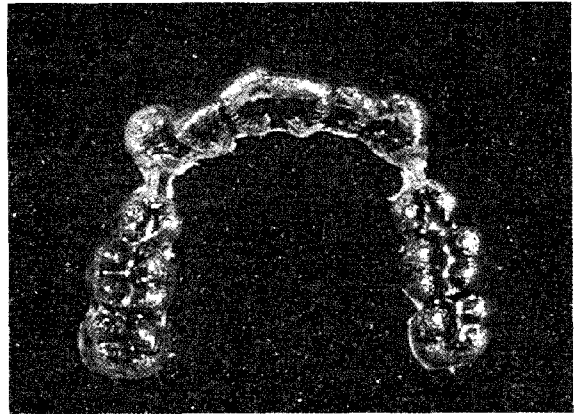
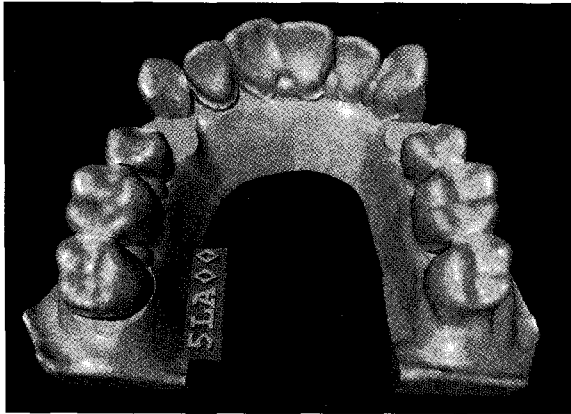


Fig. 2. Models of each stage of treatment are made by having the computer direct their fabrication (stereolithography). Individual appliances (aligners) are made from the computer generated models of each stage

그러나 진료시간, 기구 구입과 소독 비용이 설측 교정과 같은 다른 심미 교정술과 비교해서 현저히 낮다.

III. 치료 과정

1. 증례자료 제출

일단 술자에 의해 진단이 이루어지면 polyvinyl siloxane(PVS) 인상을 채득한다. 이는 컴퓨터에 scanning하는 3차원 영상의 기초가 되므로 정확하고 견고해야 하며, PVS 인상재는 3주 동안 안정성을 유지하므로 여러 번 pouring이 가능하다. 인상, wax bite, 방사선사진, 안모사진, 치료 계획을 제작자에게 보낸다. 술자의 치료 계획이 컴퓨터에 입력되면 계획의 수정 여부를 알기 위해 인터넷을 통해 가상 치료에 접속할 수 있다(ClinCheck[®]). 치료 계획의 변경은 회사의 교정 전문의에 의해 이루어지며 website 상에서 최종 결정이 가능하고 모든 환자의 치료 계획은 website 상에 보관된다(Fig. 1).

2. 장치 제작

술자에 의해 치료 계획이 승인되면 일정하게 배분된(0.15-0.25mm) 치아 이동이 컴퓨터 상에서 연속적으로 이루어진다. 그 다음엔 stereolithographic resin model이 각 단계별로 제작되고 투명한 0.030 inch 두께의 overlay 장치, 즉 aligner가 각 모형상에서 제작된다(Fig. 2).

이 system은 치료가 시작되기 전에 술자와 환자가

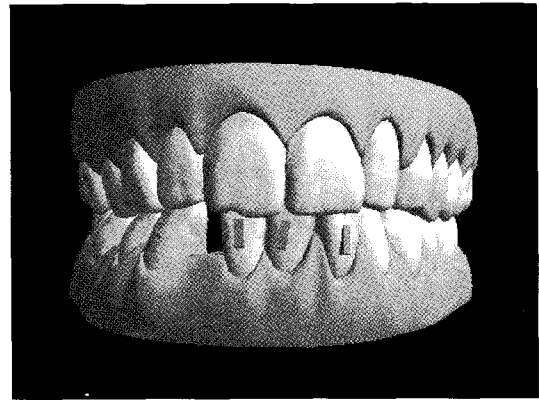


Fig. 3. A .01mm template is made at stage 0 to place attachments. Attachments control tooth movement by keeping the appliance in place. Consider long thin attachments for closing extraction spaces (4-5mm x 1mm x 1mm)

모니터 상에서 가상 치료 과정을 보고 평가할 수 있으며, 치아 이동의 전 과정을 여러 각도에서 세밀히 관찰할 수 있다. 이 가상 치료의 최종 승인은 술자에게 가장 중요한 과정인데, 일단 승인이 이루어지면 치료 계획을 변경할 수 없다. 가상 치료 계획은 또한 술자와 환자 사이에 중요한 의사 소통 수단이 될 수 있는데, 환자는 컴퓨터 상에서 모든 치료 과정을 보고 체크할 수 있다.

3. 장치의 장착

처음 내원시에 첫 번째 장치가 완전히 장착이 되는

지 확인한다. stripping, restoration 혹은 contouring 등의 치관 형태의 변화는 PVS 인상 전에 이루어져야 한다. 환자에 따라 정출, 발치공간 폐쇄나 하악 소구치의 회전과 같은 치아이동을 용이하게 하기 위하여 attachment가 필요한데, 이는 투명한 template (0.015-0.020 inch)를 이용하여 indirect bonding과 유사한 방법으로 구치부 composite resin을 광중합한다. attachment는 장치를 구강내에 고정시켜 치아이동시에 장치가 탈락되지 않도록 해 주는데, 장치가 치아를 완전히 cover할 때까지 다음 단계의 장치를 사용하지 않도록 환자에게 주시시킨다(Fig. 3).

장치는 하루 20-22시간을 대개 1-2주 사용하며, 환자과 치아이동에 따라 차이가 있을 수 있다. 환자의 내원은 다른 형태의 장치를 사용하는 경우와 유사하며, 교합과 치료과정을 체크한다. 치아이동을 가상치료 과정과 주기적으로 비교하여 match가 되는지 확인한다. 마지막 장치를 사용하고 나면 술자는 추가로 장치가 필요한 지를 검토한다. 마지막 장치가 잘 맞으면 더 이상의 장치가 필요없으나, 이것이 치밀과 잘 맞지않고 가상치료와 부합되지 않으면 re-scanning을 위한 새로운 PVS 인상이 필요하다.

4. 치료과정의 문제점

실제 교합과 가상 치료 과정에 차이가 있을 수 있으므로 충분한 검토가 이루어져야 한다. 이러한 차이가 생기는 이유로는, 환자가 장치를 분실하였거나 충분히(최소 하루 20시간) 장치를 끼지 않거나 장치가 잘 적합이 되지 않았기 때문이다. 이런 경우 특정 단계의 장치를 2주이상 하루 20시간 이상 사용하도록 하여 치아 위치를 recapture 시킨다.

치료 효율을 높이기 위해서 환자에게 강조해야 할 것은, 장치가 잘 적합이 되면 다음 단계로 넘어 가지만 분실하였을 경우에는 전 단계로 되돌아가야 한다는 것이다. 이 때문에 최소한 두 단계전까지의 장치를 보관해 두어야 한다. 교합이 recapture 되지 않으면, computer program을 이용하여 교합 상태가 어느 단계와 가장 가까운지 파악하여 그 특정 단계로 되돌아가야 한다. 이 과정을 실패하게 되면 환자에게 투명한 overlay retainer를 사용케 하고 PVS 인상을 다시 채득하여 rescanning하고 치료계획을 다시 세운다.

치료중에 attachment가 탈락되면 치아이동이 제대로 이루어지지 않으므로 가능한 빨리 재부착 할 수 있도록 환자에게 주시시킨다. attachment를 재부착하

Table 1. Cephalometric measurements

Variables	Pretreatment	Posttreatment
FMA	21°	23°
U1 to NA	0 mm	3 mm
	9°	14°
L1 to NB	2 mm	5 mm
	16°	23°

기 전에 다음 장치를 사용하면 attachment 위치가 변하므로 mechanical advantage가 상실된다.

장치가 잘 장착됨에도 불구하고 결과가 좋지 않으면 두가지 가능성에 원인을 둘 수 있다. 첫번째는 기대하는 치료 결과와 승인된 계획간에 차이가 있는 경우인데, 처음에 가상 치료 계획을 면밀히 검토하면 이러한 문제점을 줄일 수 있다. 두번째는 치아 이동량이 장치 재료의 activation range에 미치지 못하여 최종 치아 위치에 도달하지 못한 경우인데, 이러한 이유 때문에 rotation, torque, bite opening과 같은 치아이동에 대해서는 overcorrection이 교합 목표에 설정이 되어야 한다. 복잡한 증례에서는 치료 목표에 도달하기 위해서 이 장치 전후 몇 개월간 고정성 교정장치가 필요할 수 있음을 환자에게 이해시켜야 한다.

IV. 증례

1. CI II Div 2 deep overbite

24세의 여성 환자로 전치부 crowding을 주소로 내원하였다. 이 환자는 상악 소구치를 발거하여 고정성 교정장치로 치료할 것을 제안받았으나 환자가 발치를 원하지 않았으므로 인비질라인 시스템을 이용하여 상악 구치와 소구치 견치를 차례로 후방 이동시켜 전치 배열에 필요한 공간을 확보하였다. Figure 4의 F는 제1대구치의 후방 이동을 보여 주는데, 근심쪽에 생긴 공간과 palatal rugae로 부터의 거리가 3mm 이상 증가된 것으로 알 수 있다. 두부방사선계측사진을 중첩해 보면 상악 구치가 후방이동 되었음을 확실히 알 수 있으며, 상악 전치의 압하이동, bite opening 그리고 전치의 전방 경사 또한 이루어졌다 (Table 1). 치료 종료 후 1년까지 하악 평면의 변화는 없었으며, 중앙

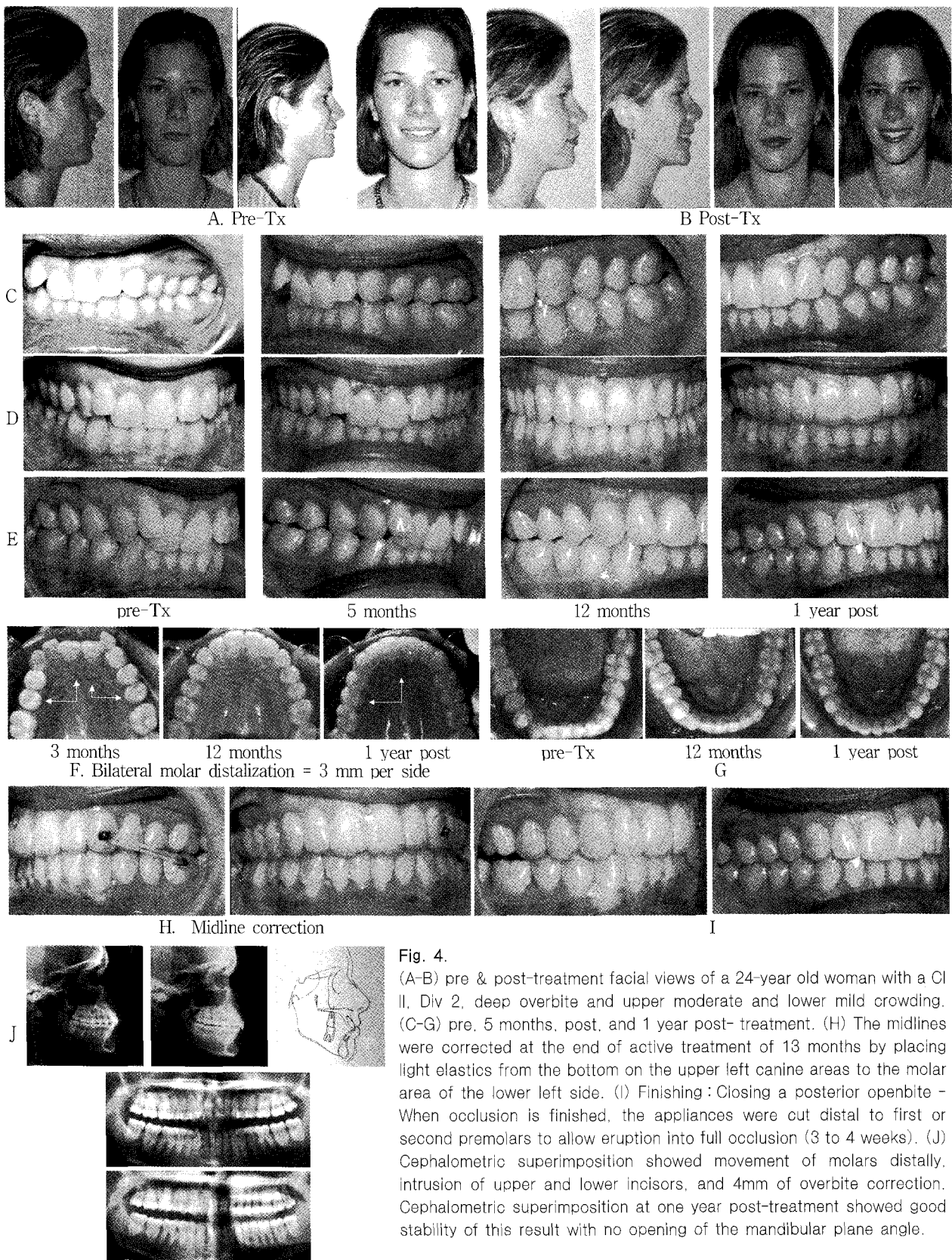


Fig. 4.

(A-B) pre & post-treatment facial views of a 24-year old woman with a Cl II, Div 2, deep overbite and upper moderate and lower mild crowding. (C-G) pre, 5 months, post, and 1 year post- treatment. (H) The midlines were corrected at the end of active treatment of 13 months by placing light elastics from the bottom on the upper left canine areas to the molar area of the lower left side. (I) Finishing : Closing a posterior openbite - When occlusion is finished, the appliances were cut distal to first or second premolars to allow eruption into full occlusion (3 to 4 weeks). (J) Cephalometric superimposition showed movement of molars distally, intrusion of upper and lower incisors, and 4mm of overbite correction. Cephalometric superimposition at one year post-treatment showed good stability of this result with no opening of the mandibular plane angle.

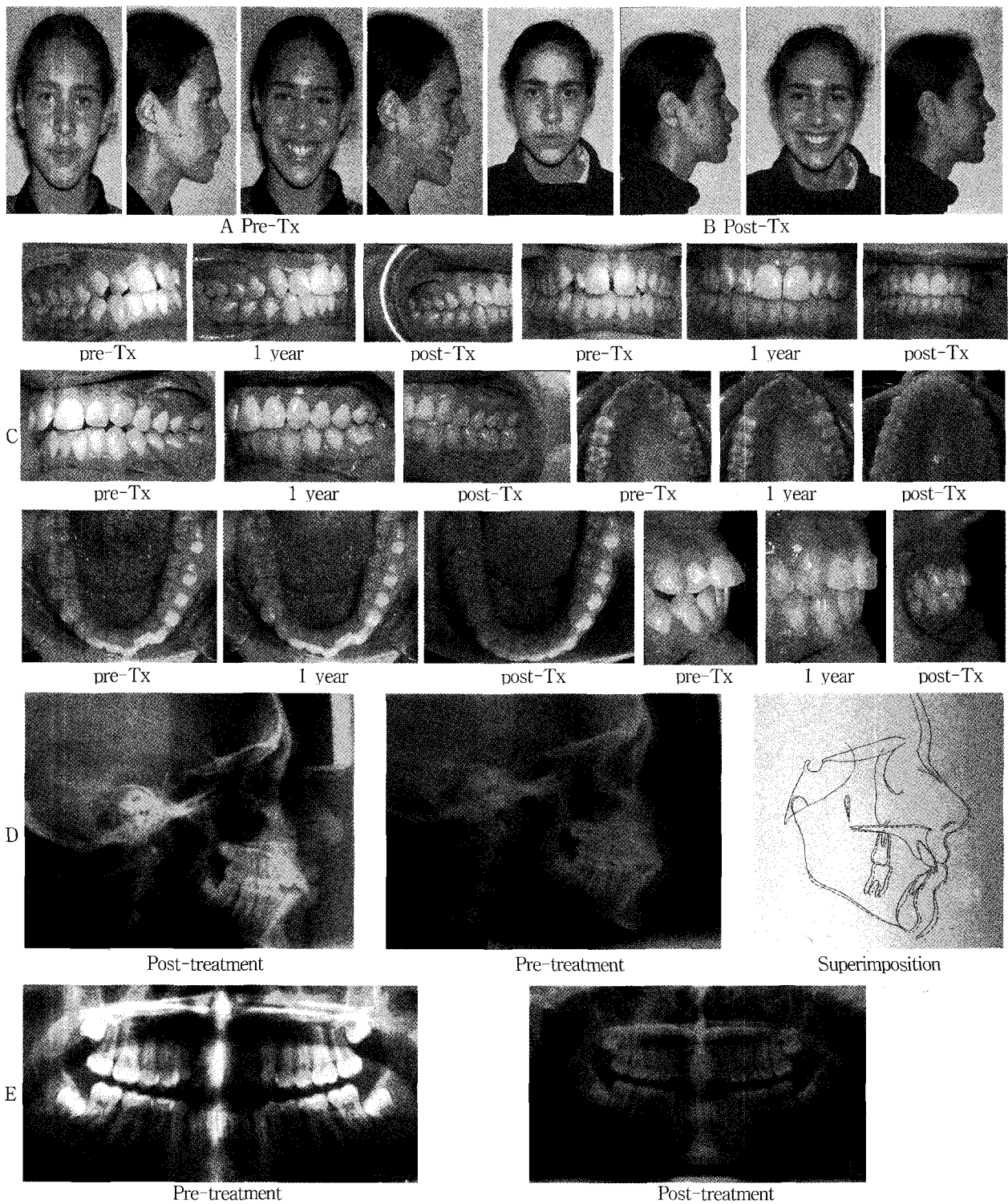


Fig.5. (A-B) pre- & post-treatment facial views of a 14-year old adolescent with a CI I mild open bite, upper mild spacing and lower mild crowding. (C) pre-, 1 year, and post-treatment intra-oral views. (D) Cephalometric superimposition showed forward and downward growth of the mandible and closure of mild open bite. The open bite was most likely closed by upper anterior retraction, rotation, and extrusion of incisors. (E) All permanent teeth were fully erupted except third molars. The post-treatment panoramic x-ray showed no signs of root blunting.

Table 2. Cephalometric measurements

Variables	Pretreatment	Posttreatment
SNA	87°	87°
SNB	81°	82°
UI to NA	5 mm	3 mm
	26°	19°
L1 to NB	9 mm	9 mm
	33°	32°

선은 13개월의 치료 말기에 II 급 고무줄을 좌측에 사용하여 수정되었다. 치료가 완성될 무렵, 소구치 후방의 장치를 잘라 내어 구치의 맹출을 유도하여 구치가 완전한 교합을 이루도록 하였다. 치료 전후의 파노라마 사진을 비교해 보면 후방이동 후 구치의 경사가 증가되지 않았으며 치근 흡수도 보이지 않았다(Fig. 4-J).

2. CI I openbite

14세의 여학생이 전치부 crowding과 개방교합을 주소로 내원하였다. 측모는 비교적 양호하였으나 상당히 큰 코를 가지고 있었으며, 두부방사선계측사진은 미약한 개방교합을 나타내었다. 모형 분석에서 상악 우측 측절치의 심한 원심회전으로 인해 하악 견치와 접촉되면서 개방교합을 야기시키고 상악 중절치 사이에는 spacing을 나타내었으며, 하악 전치부에는 mild crowding이 있었다. 좌측 상하 견치는 II 급 관계이고, 우측 견치와 좌우 제1대구치는 I 급 관계를 나타내었다. 중앙선은 하악이 좌측으로 2mm 정도 변위 되어있었으며 overbite과 overjet은 각각 0.5와 4mm를 나타내었다. 파노라마 사진 소견은 맹출중인 제3대구치 4개가 매복된 것 외에는 특이 사항이 없었다. 상악 좌우 견치를 정출시켜 견치유도를 얻고자 하였고, 또한 4전치 전체를 정출시킬 계획을 하였다. 상악 좌측 구치를 후방 이동시켜 확실한 상하 구치 관계를 확립하고, 견치 정출을 위한 공간을 마련코자 하였다. 상악 좌우 측절치를 over-correction하였고, reproximation은 시행하지 않았다.

두부방사선계측사진을 중첩해 본 결과 Aligner를 이용한 약 1년 6개월의 치료 기간 동안 하악팔의 전하방 성장이 유도되었으며, 개방교합이 폐쇄되었고, 이는 상악 전치의 설측 경사와 회전, 그리고 정출에

의한 것으로 사료된다(Table 2). 치료후의 파노라마 사진 소견은 치근 흡수의 징후를 보이지 않았다(Fig. 5).

V. 고 찰

이 장치에 대한 생역학은 아직 문헌상에 보고되지 않았으며, 이는 힘이 적용되는 치아 표면적이 크기 때문에 기존의 고정식 교정장치와는 다르다. 장치와 치아 사이에 빈 공간이 없이 전 치관이 단단히 고정(밀착)되면 치체이동이 가능한데, 치아가 rigid body이고 최소 2 points of contact이 이루어지므로 장치의 활성화로 치아를 치체이동시킬 수 있다. 그러나 장치를 단단히 고정하려면 attachment를 추가할 필요가 있다. 0.02mm activation은 장치의 탄성에 의한 light continuous force이며, 치아 이동에 대한 효과는 생역학적인 과학적 자료가 없기 때문에 아직까지는 임상적인 방법으로만 설명할 수 있다.

전치부 crowding 해소를 위한 공간을 확보하거나 치열궁 형태를 변화시키기 위해서 2-4mm의 협측 치열궁 확장이 가능하며¹⁰⁾, 소구치 발치 증례에서는 장치를 사용한 초기에는 발치공간으로 치아의 경사가 나타났는데, 특히 치관이 짧거나 구치의 근심이동이 2mm 이상 필요한 경우에 심하였다. 그러나 5mm 길이의 직사각형 attachment를 사용하면 이러한 문제를 해결할 수 있다. 이 장치를 이용한 치료중에 가장 흥미로운 점은 구치를 후방이동시킬 수 있다는 것인데, 몇몇 환자에서 구치의 후방이동에 성공하였으므로 구치의 II 급 end-on 관계는 발치한 경우보다 훨씬 빨리 치료가 될 수 있다. 하악 전치 발치 증례는 만족할 만한 결과를 보여 주었고, 경사를 조절하기 위해 attachment가 사용된다.

정출은 가장 어려운 치아 이동중 하나이며, undercut을 확보하기 위해 attachment가 필요하다. 보통 치료 시작 3개월 후에 구치부에 압하이동이 나타나는데, 이는 구치부 사이의 장치 두께(0.06 inch)에 의한 것이며, 이는 치료 말기에 장치의 소구치 후방을 잘라 내면 재맹출이 일어나 쉽게 교정이 되며 2-4주 정도가 걸린다. 그래서 중등도의 개방교합 치료에 매우 효과적이라 할 수 있는데, 이러한 효과의 기전을 이해하기 위한 연구가 더 필요하겠다.

이 장치로 하기 힘든 또 다른 치아 이동은 심하게 이소맹출된 경우인데, 더 유연한 재료를 사용하고 치은쪽으로 장치를 연장하는 것이 필요하거나, 심한 경

우에는 먼저 고정식 교정 장치로 치료를 해야 한다.

하악 소구치처럼 둥근 형태를 가진 치아의 회전은 이 장치로 해결하기가 어려운데, 순설측으로 attachment가 추가로 필요하다. 구치부 회전도 이런 식으로 치료가 가능한데, 45° 이상이면 고정식 교정장치를 사용하여 그 크기를 좀 줄여준다. 전치는 attachment 없이도 쉽게 치료가 가능한데, 견치는 더 어려우며 attachment가 필요하다.

치태가 장치 내면에 축적되면 투명성과 심미성이 떨어지므로 환자가 치료 기간 동안에 구강 상태를 잘 유지하도록 하여 장치 내면에 치태 형성을 막아주고, 그래서 불쾌한 냄새나 변색이 되지 않도록 한다. 이 장치의 낮은 치태수준이 치주 질환에 이환율이 높은 환자들에게 유리한 지를 보기 위해서 심한 골 손실로 치주 치료를 받은 몇 명의 성인 환자들에게 이 장치를 사용하여 3개월 간격으로 치주검사를 하였으나 추가적인 pocket depth의 증가나 염증을 보이지 않았다. 일반적으로 심한 골손실이 있는 젊은 환자는 고정식 교정장치로 치료할 경우에 치주적 위험이 더 커진다고 할 수 있다.¹¹⁾

치료중이나 치료후에 촬영한 구강내 방사선 사진은 어느 환자에서도 치근 흡수의 징후를 보이지 않았으나, 정밀한 치근흡수 정도를 파악하기 위해 표준화된 구강내 방사선 사진을 이용하는 임상연구가 이루어져야 할 것이다.^{12,13)}

현재 이 장치를 이용한 치료의 보정은 다른 장치를 사용할 때와 유사하다. 보통 마지막 장치나 조금 더 두꺼운(0.04 inch) 장치를 6개월간 full-time 사용을 하고 그 다음엔 계속 밤에만 사용하도록 한다. 치료후 안정을 위해 어떤 방법이 좋은 지 연구가 필요하며, 이 장치는 최근에 소개되었으므로 아직 보정에 대한 연구가 이루어 지지 않았다.

VI. 요약

부분적인 치아이동에 사용되던 방법을 전체 교정 치료에 도입한 새로운 system을 소개하였으며, 이 치료방법의 주된 장점은 심미적이고 청결 유지가 용이하며 불편이 적고 가철식이라는 것이다.

그러나 아직 증례 선택에 어려움이 있고 비용이 많이 들며 computer 치료 계획을 위한 경험이 필요하고 혼합 치열이나 매복치에는 사용이 곤란하다. 또한 장치를 분실하거나 사용을 소홀히 할 수 있으므로 환자의 협조가 절대적으로 필요하다. 치관 만을 고려하므로 정확성에 제한이 따르며 경조직과 연조직이 치료 과정에 충분히 고려되어야 한다. 그러므로 술자는 생리학, 생물학, 치주 문제, 교합 관계에 대한 이해를 충분히 하고 있어야 한다. 앞으로 구강내에서 scanning이 가능하면 PVS 인상이 필요없게 되고 치료 계획의 변경이 용이하게 될 것이다.¹⁴⁾

참고 문헌

1. SerglHG, Klages U, Zentner A. Pain and discomfort during orthodontic treatment : causative factors and effects on compliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998 ; 114 : 684-91.
2. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1945 : 31 : 297-304.
3. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1971 : 59 : 266-72.
4. McNamara JA, Kramer KL, Juenker JP. Invisible retainers. *J Clin Orthod* 1985 : 19 : 570-8.
5. Sheridan JJ, Ledoux W, McMinn R. Essix retainers : Fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 1993 : 27 : 37-45.
6. Sheridan JJ, McMinn R, LeDoux W. Essix appliances : Minor tooth movement with divots and windows. *J Clin Orthod* 1994 : 28 : 659-63.
7. Rinchuse DJ, Rinchuse DJ. Active tooth movement with essix based appliances. *J Clin Orthod* 1997 : 31 : 109-12.
8. Lindauer SJ, Shoff RC. Comparison of Essix and Hawley retainers. *J Clin Orthod* 1998 : 32 : 95-7.
9. Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V. The Invisalign system in adult orthodontics : mild crowding and space closure. *J Clin Orthod* 2000 : 34 : 203-12.
10. McNamara Jr. JA, Brudon WL. Invisible Retainers and Aligners. In : *Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* ; 2001. p.475-86
11. Boyd RL, Leggott P, Quinn R, et al. Periodontal implications of orthodontic treatment in adults with reduced or normal periodontal tissues versus adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989 : 96 : 191-8.
12. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996 : 110 : 311-20.
13. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. *Sem Orthod* 1998 : 4 : 124-31.
14. Sachdeva R. A total orthodontic care solution enabled by breakthrough technology. *J Clin Orthod* 2000 : 34 : 223-323.

- ABSTRACT -

Diagnosis and Treatment of Malocclusions using the Invisalign System

Hyungsoo Kim, Jae-Hyun Ahn, Robert L. Boyd

Department of Orthodontics, School of Dentistry, University of Pacific, San Francisco, CA

Recent developments in software technology have made it possible to create a virtual three-dimensional model of the dental arches from digitally scanned casts of a patient's dentition. This model may then be manipulated with software to produce stages of tooth movement from the initial malocclusion to the final desired occlusion. A stereolithographic model is made for each stage of tooth movement which is the basis for construction of a series of clear and thin overlay appliances. These appliances are worn full time by the patient to move the teeth according to the programmed stages of movement. Malocclusions involving mild to moderate crowding and space closure have been proven to be successfully treated with this appliance. Experience with this appliance has demonstrated excellent patient compliance with less discomfort, improved esthetics and oral hygiene control, when compared with fixed orthodontic appliances. Orthodontic treatment with this appliance is a potentially useful alternative approach to fixed appliances for treatment of a variety of malocclusions in patients with fully erupted permanent teeth.

KOREA. J. ORTHOD. 2003 : 33(1) : 21-29

Key words : Invisalign system, ClinCheck[®], Aligner, Attachment