

II급 부정교합의 고정식 교정치료 역학

조선대학교 치과대학 교정학교실

조교수 임 성 훈

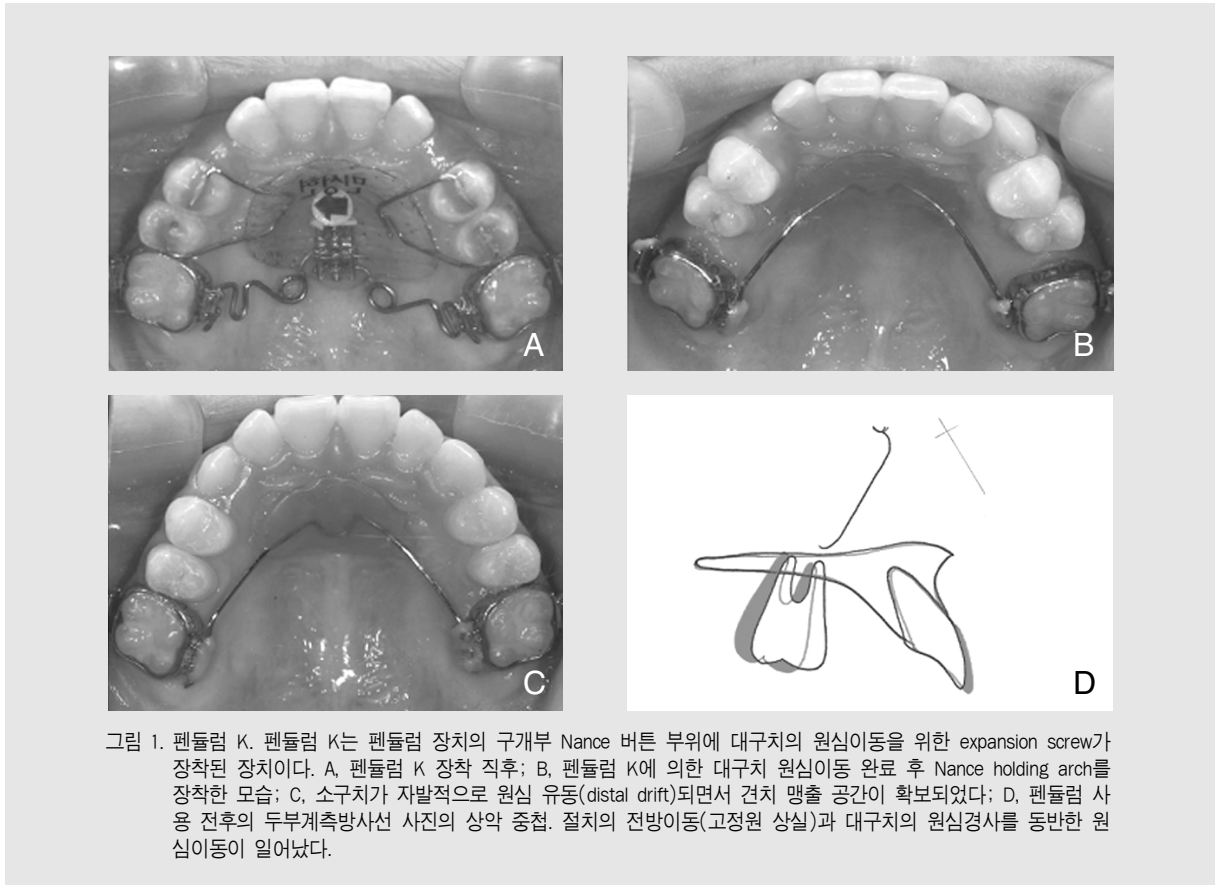
II급 부정교합의 고정식 교정치료는 대부분 악골의 부조화를 그대로 유지한 상태에서 치아의 이동만으로 교합을 개선하는 치료이다. 이때 헤드기어를 사용하여 상악골 성장을 억제하거나 고정식 교정장치에 보조적으로 사용할 수 있는 Jasper jumper와 같은 약간 고정식 스프링(interarch fixed spring)을 사용하여 골격 개선을 시도할 수 있으나 이러한 장치의 골격 개선 효과는 일반적으로 크지 않다. II급 부정교합의 고정식 교정치료 방법은 크게 비발치 치료와 소구치 발치 치료로 나눌 수 있다. 먼저 비발치 치료와 발치 치료의 역학에 대해 살펴본 후 스피 만곡의 레벨링 역학과 최근 인기를 얻고 있는 약간 고정식 스프링의 역학에 대해 살펴보려고 한다.

I. 비발치 치료

II급 부정교합의 비발치 치료는 II급 약간 고무줄을 이용하여 교합관계를 개선하는 치료법과 상악 대구치

원심이동(distalization)을 통해 II급 관계를 개선하는 치료법으로 나눌 수 있다. 약간 고무줄을 이용하는 경우 상악 치열의 원심이동보다는 주로 하악 치열의 전방 이동을 통하여 II급 관계가 개선되며, II급 약간 고무줄을 오래 사용할 경우에는 상악 절치와 하악 대구치의 정출이 일어나서 교합평면이 전하방 회전되고 하악이 후하방 회전되면서 II급 골격 관계가 더 악화될 수 있으므로 수직 성장이 많이 남지 않은 환자에서는 주의하여 사용해야 한다¹⁾.

상악 대구치 원심이동을 위한 방법에는 고전적인 방법인 헤드기어를 이용하는 방법과 펜듈럼(pendulum) 장치를 이용하는 방법, 그리고 교정용 미니 임플란트를 이용하는 방법이 있다. 맹출하지 않은 제3대구치 치관이 제2대구치 치근 부위에 접해 있을 경우에는 제1대구치 원심이동 시 제2대구치가 원심 경사되고²⁾, 협측으로 밀려나오는 양상을 보이므로 대구치를 원심이동시키기 전에 미리 제3대구치를 발치하는 것이 바람직하다. 상악 대구치를 원심이동시키는 데에는 시간이 많이 소요되므로 II급 관계 개선



을 위해 3mm 이상의 원심이동이 필요한 경우, 즉 end-on II급(1/2 cusp Class II) 이상의 II급 관계에서는 발치 치료가 더 효율적일 수 있다.

상악 대구치 원심이동을 위한 장치 중 환자의 협조를 필요로 하지 않는 펜듈럼 장치는 다소의 고정원 상실을 유발하며, 대구치 원심경사를 허용하면서 원심 이동시킬 경우 대략 대구치 치관 원심이동량의 절반만 큼의 소구치 치관의 근심이동(고정원 상실)이 일어났다고 보고되었으³⁾, 펜듈럼 스프링에 tip-back bend를 부여하여 대구치를 좀 더 치체이동(bodily movement)에 가깝게 원심이동시킬 경우에는 대구치 치관의 원심이동량에 필적하는 양만큼 소구치 치관의 근심이동이 나타났다고 보고된 바 있다⁴⁾. 또한 펜듈럼 장치에 의해 원심이동된 대구치는 이후의 고정식 교정치료 동안 원래 자리로 돌아왔다고 보고된 바 있

다^{5,6)}. 따라서 펜듈럼 장치에 의해 전치가 전돌되면서 공간이 확보될 때 하악이 전방으로 많이 성장하여 수평피개교합(overjet)이 감소되고 구치 교합관계가 개선되는 경우에만 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각되며, 펜듈럼 장치를 이용하여 많은 양의 대구치 원심이동을 계획하는 것은 바람직하지 않다. 펜듈럼 장치는 펜듈럼 스프링의 helix를 중심으로 상악 제1대구치를 원심 설측으로 회전시키는 문제점이 있는데, Kinzinger 등⁷⁾은 펜듈럼의 Nance 버튼 부위(구개면에 접하는 레진 부위)에 전후방 expansion screw를 장착하여 활성화시킴으로써 상악 대구치의 설측 회전 및 원심 경사 경향을 줄일 수 있는 장치를 고안하여 이를 펜듈럼 K라는 이름으로 소개한 바 있다(그림 1). 펜듈럼 장치는 수직 성장이 많이 남지 않은 환자에서는 소구치부 occlusal rest의 교합 간섭과 소구치 정

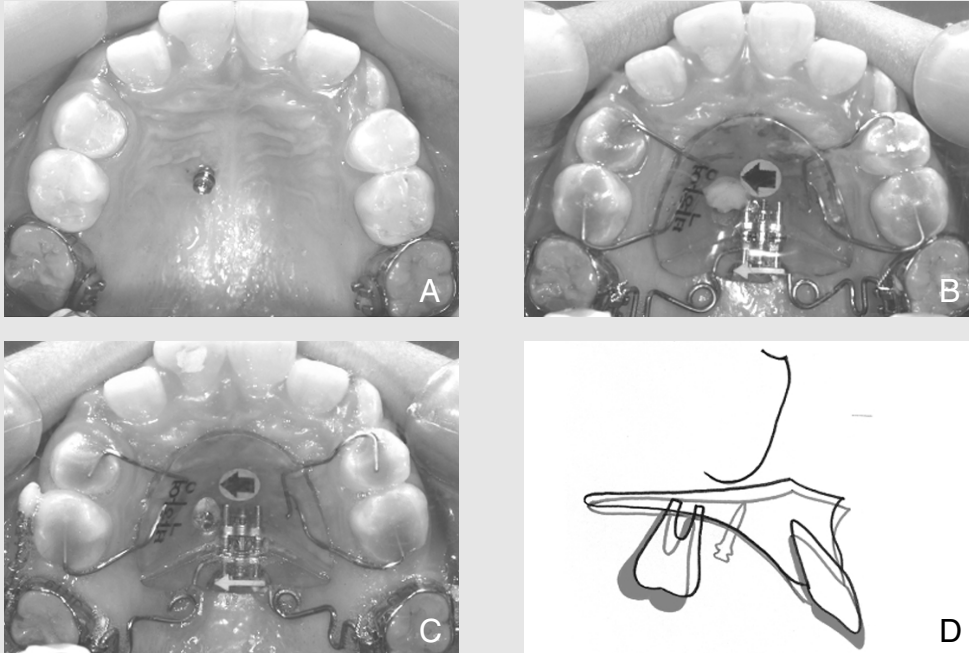


그림 2. 미니 임플란트에 의해 지지된 펜듈럼 K. A, 미니 임플란트 식립 직후; B, 펜듈럼 K를 장착하고 미니 임플란트를 Nance 버튼에 매몰한 상태; C, 펜듈럼 K에 의한 대구치 원심이동 완료 후; D, 펜듈럼 사용 전후 두부계측방사선사진 중첩. 절치의 순측 경사가 방지되었다.

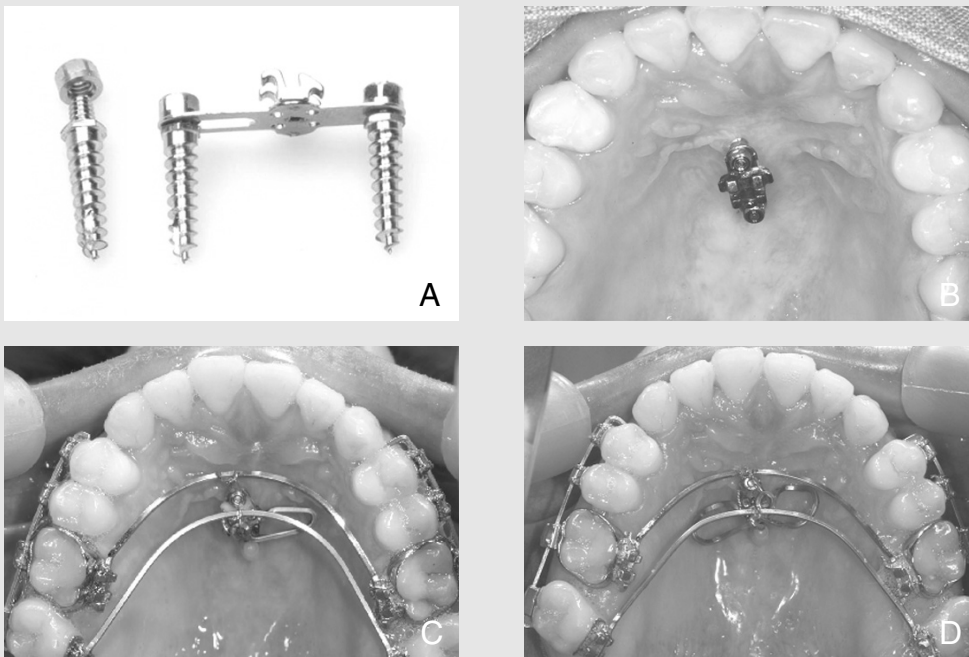


그림 3. 정중구개부에 식립된 교정용 미니 임플란트를 이용한 상악 대구치 원심이동. A, 미니 임플란트 헤드부에 플레이트를 삽입할 수 있는 페디클 미니 임플란트; B, 정중구개부에 두 개의 미니 임플란트를 식립한 후 여기에 Burstone 설측 브라켓이 부착된 플레이트를 장착한 모습; C, 플레이트에 부착된 Burstone 설측 브라켓에 TMA 스프링을 삽입하여 횡구개 호선에 연결하여 제1, 제2대구치를 동시에 원심이동시키기 시작하였으며 이때 치체이동을 위해 교정력이 대구치의 저항중심을 지나도록 하였다; D, 대구치가 원심이동되면서 견치와 소구치 사이에도 공간이 발생하였다. 이때 대구치의 원심경사 양상이 관찰되어 교정력이 좀더 치근단측을 지나도록 조절하여 치체이동을 도모하였다.

임상가를 위한 특집 3

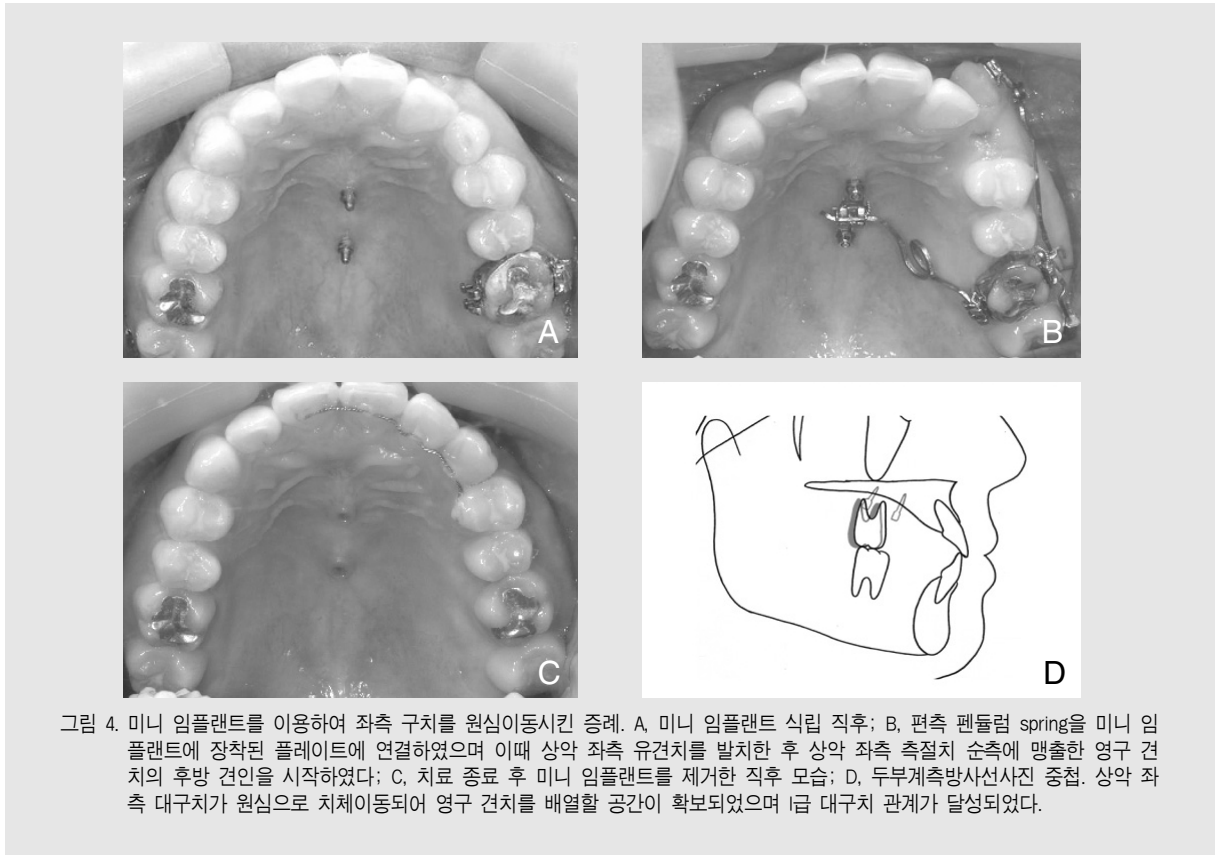


그림 4. 미니 임플란트를 이용하여 좌측 구치를 원심이동시킨 증례. A, 미니 임플란트 식립 직후; B, 편측 펜듈럼 spring을 미니 임플란트에 장착된 플레이트에 연결하였으며 이때 상악 좌측 유견치를 발치한 후 상악 좌측 측절치 손측에 맹출한 영구 견치의 후방 견인을 시작하였다; C, 치료 종료 후 미니 임플란트를 제거한 직후 모습; D, 두부계측방사선사진 중첩. 상악 좌측 대구치가 원심으로 치체이동되어 영구 견치를 배열할 공간이 확보되었으며 I급 대구치 관계가 달성되었다.

출 경향에 따라 하악의 후하방 회전 및 이에 따른 개교를 초래할 수 있어 추천되지 않는다. 펜듈럼 장치 사용 시 고정된 치아의 전방 이동을 줄이기 위해 미니 임플란트를 구개에 식립한 후 이를 펜듈럼 장치의 Nance 버튼에 매몰하여 사용할 수도 있다(그림 2).

양측 또는 편측의 상악 대구치 원심이동이 필요한 경우, 정중구개부에 두 개의 미니 임플란트를 식립한 후 이를 브라켓이 부착된 플레이트(plate) 또는 와이어로 연결한 후 플레이트에 부착된 브라켓에 레버나 헬리컬 스프링을 장착하여 상악 대구치를 원심이동시킬 수 있다(그림 3, 4), 이 장치는 2002년 조선대학교 교정학교실에서 고안되었으며, 미니 임플란트의 헤드부(nut)와 스크류부 사이의 목 부분에 플레이트가 장착되는 형상이어서 페디클(pedicle) 미니 임플란트라고 명명되었다.

II. 발치 치료

II급 부정교합의 발치 치료에는 상악 소구치를 발치하는 양악 소구치 발치 치료와 상악 소구치만 발치하는 편악 소구치 발치 치료가 있다. 먼저 양악 소구치 발치치료는 상악 소구치 발치 공간의 차등적인 폐쇄를 통해 II급 관계를 개선하는 치료법으로 상악 구치의 전방 이동보다 하악 구치의 전방이동을 많게 함으로써 II급 관계를 개선하는 방법이다. 이를 위해 흔히 상악 제1소구치와 하악 제2소구치를 발치하여 치료한다(그림 5). II급 부정교합에서 하악에서도 공간 부족이나 절치 전돌이 심한 경우에는 상악 모두 제1소구치를 발치한 후 상악에서는 헤드기어나 미니 임플란트로 고정원을 보강하여 상악 대구치의 전방이동을 방지하거나 오히려 원심이동시켜서 II급 관계를 개선하기도 한다(그림 6).

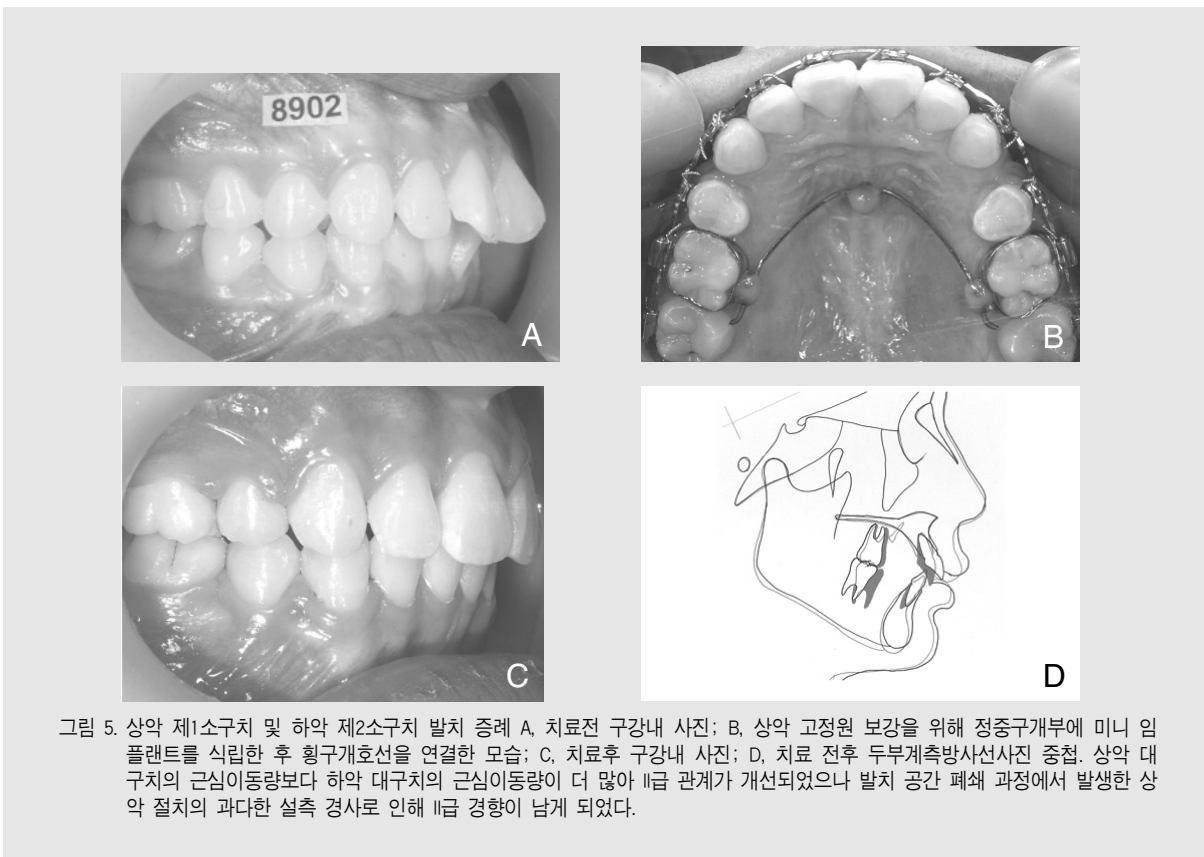


그림 5. 상악 제1소구치 및 하악 제2소구치 발치 증례 A, 치료전 구강내 사진; B, 상악 고정원 보강을 위해 정중구개부에 미니 임플란트를 식립한 후 횡구개호선을 연결한 모습; C, 치료후 구강내 사진; D, 치료 전후 두부계측방사선사진 중첩. 상악 대구치의 근심이동량보다 하악 대구치의 근심이동량이 더 많아 II급 관계가 개선되었으나 발치 공간 폐쇄 과정에서 발생한 상악 절치의 과도한 실축 경사로 인해 II급 경향이 남게 되었다.

편악 소구치 발치 치료는 상악에서만 양측으로 소구치 하나씩을 발치하여, 대구치 교합 관계는 상악 제1대구치 근심협축교두가 하악 제2소구치와 제1대구치 사이 변연용선에 교합되는 full-cusp II급 관계로, 견치 교합 관계는 I급 관계로 마무리하는 것이다. 주로 하악에서는 치열이 잘 배열되어 있고 절치의 전동이 심하지 않은 경우에 적용할 수 있으며, I급 대구치 관계에 비해서는 미흡하지만 비교적 양호한 대구치 교합 관계를 이룰 수 있다(그림 7). 만약 하악 배열 완료 후 수평피개교합이 적어져서 상악 절치를 발치 공간으로 후방이동시킬 수 없게 된다면 하악에서도 소구치를 발치하는 것이 필요할 수 있다. 치료 전 이미 full-cusp II급 관계를 보이는 증례에서 편악 소구치 발치 치료를 한다면 발치 공간 폐쇄 과정에서 상악 대구치가 전혀 근심 이동되지 않아야 하므로 헤드기어 또는 미니 임플란트를 이용하여 고정원을 보강하는 것이 필

요하다.

III. 스피 만곡의 레벨링

II급 부정교합의 치료에 있어서 가장 어려운 부분 중의 하나가 과도한 스피 만곡의 레벨링을 통한 과개 교합의 개선일 것이다. 스피 만곡이 편평해지는 과정에서 치열궁 길이(arch circumference)가 늘어나게 된다. 임상가들은 스피 만곡의 레벨링과 동시에 발생하는 하악 절치의 순축 경사(flaring)가 이러한 치열궁 길이의 늘어남에 의한 것이라고 생각해 왔으며 이러한 문제를 인식한 Tweed 등은 과개 교합의 개선 과정에서 하악 절치의 순축 경사를 방지하기 위해 하악 호선의 tip-back bend와 III급 고무줄을 사용하였다⁸⁾. 스피 만곡의 레벨링 시 절치의 순축경사와 함

임상가를 위한 특집 3

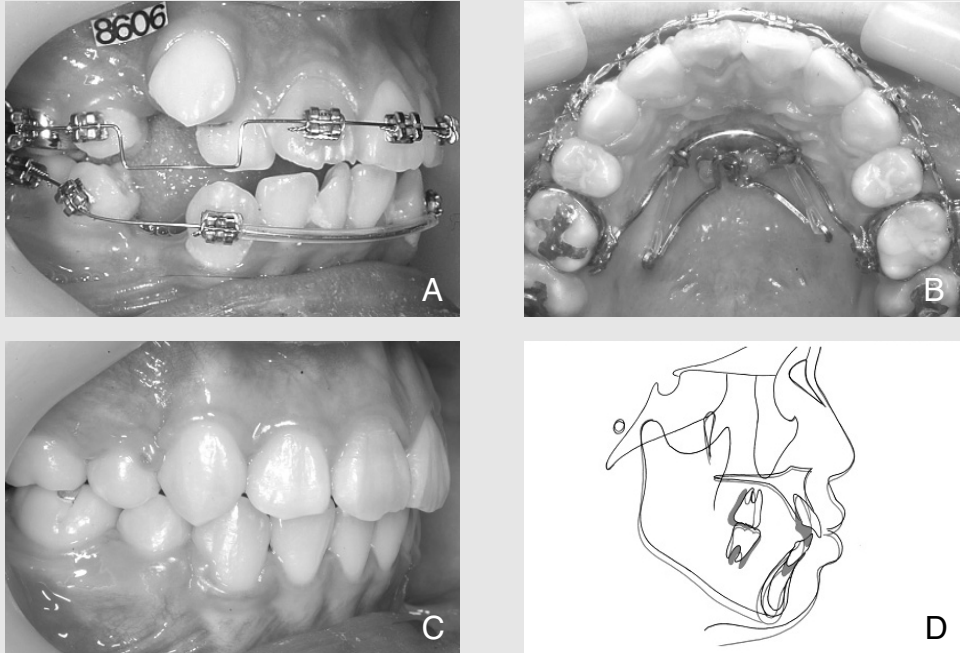


그림 6. 상악 제1대구치를 발치하고 상악에서는 공간폐쇄와 동시에 대구치를 원심이동시킨 증례. A, 초기 배열 단계; B, 상악 대구치를 구개부에 좌우로 식립한 두 개의 미니 임플란트에 플레이트를 삽입한 후 레버를 연결하고, 레버로부터 황구개호선에 탄성 체인을 연결하여 대구치를 원심이동시켰으며, 이때 교정력이 제1대구치 저항중심을 지나도록 하였다; C, 치료 종료 후 모습; D, 두부계측방사선 사진 중첩. 상악 제1대구치는 원심으로 치체이동되었고 하악 제1대구치는 근심으로 1mm 이동되었다.

개 치열궁 길이가 늘어나는 양에 대해 Baldridge⁹⁾는 모형 상에서 치아를 set-up하는 방법으로 측정하여 좌우측 스피 만곡의 최대 깊이의 합에 0.488을 곱하고 여기에서 0.51을 뺀 값만큼 치열궁 길이가 늘어난다고 하였다. 이를 바탕으로 흔히 스피 만곡의 최대 깊

이의 좌우 평균값 1mm당 1mm의 공간이 더 필요한 것으로 계산하며, Tweed 기법에서 사용되는 total space analysis¹⁰⁾나 level anchorage system¹¹⁾에서도 동일하게 스피 만곡 1mm당 공간이 1mm 더 부족한 것으로 계산하는 공식을 사용하고 있다. 그러

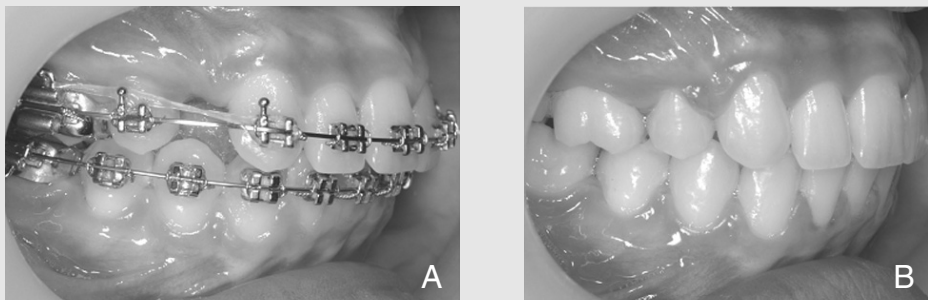


그림 7. 상악 좌우 제1소구치 발치 증례. A, 레벨링 후 상악 제1소구치 발치 공간을 폐쇄하고 있다; B, 치료후 구강내 사진. Full-cusp II급 대구치 관계와 I급 견치 관계가 얻어졌다.

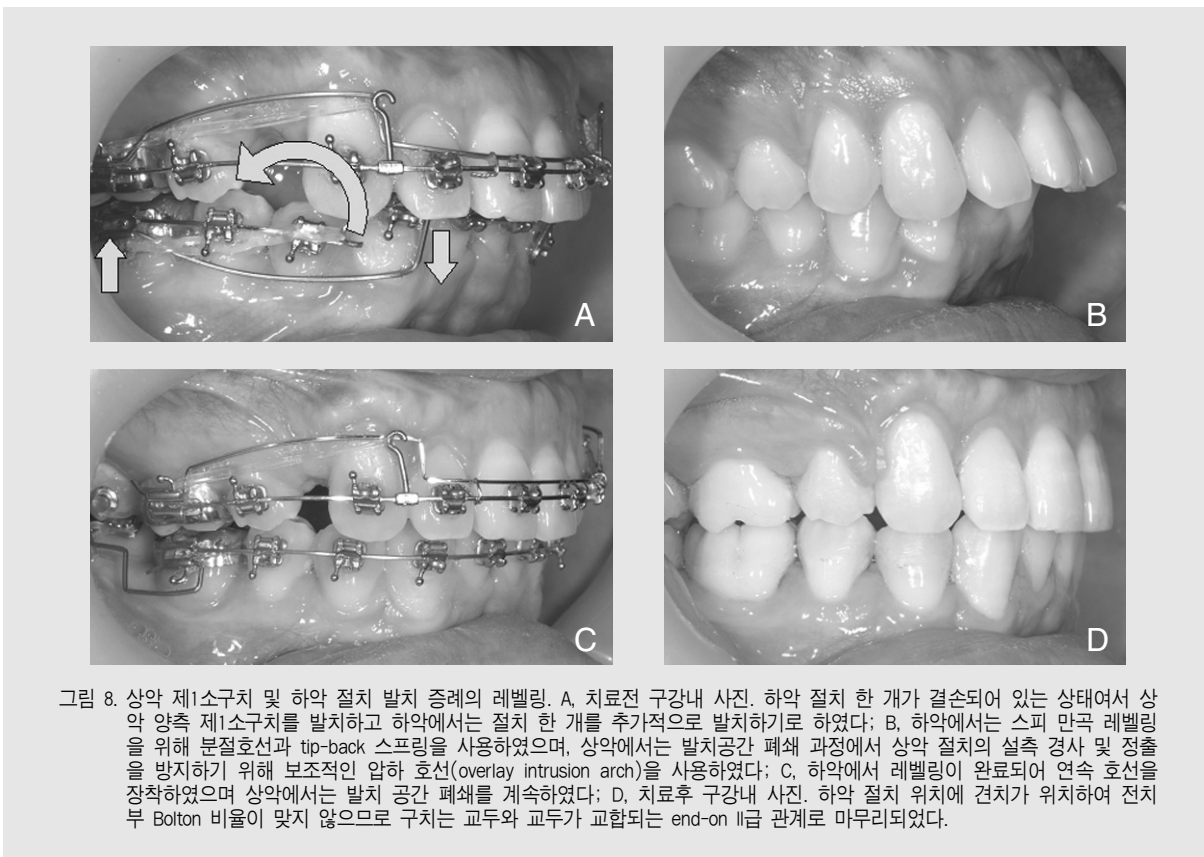


그림 8. 상악 제1소구치 및 하악 절치 발치 증례의 레벨링. A, 치료전 구강내 사진. 하악 절치 한 개가 결손되어 있는 상태에서 상악 양측 제1소구치를 발치하고 하악에서는 절치 한 개를 추가적으로 발치하기로 하였다; B, 하악에서는 스피 만곡 레벨링을 위해 분절호선과 tip-back 스프링을 사용하였으며, 상악에서는 발치공간 폐쇄 과정에서 상악 절치의 설측 경사 및 정출을 방지하기 위해 보조적인 압하 호선(overlay intrusion arch)을 사용하였다; C, 하악에서 레벨링이 완료되어 연속 호선을 장착하였으며 상악에서는 발치 공간 폐쇄를 계속하였다; D, 치료후 구강내 사진. 하악 절치 위치에 견치가 위치하여 전치부 Bolton 비율이 맞지 않으므로 구치는 교두와 교두가 교합되는 end-on II급 관계로 마무리되었다.

나 Woods¹²⁾는 레벨링 과정의 절치 순측경사는 스피 만곡에 따른 치열궁 길이의 차이 보다는 레벨링 역학에 더 좌우된다고 하면서 전치 압하 및 tip-back 역학으로 절치의 순측경사 없이 스피 만곡을 레벨링할 수 있다고 하였다. Braun 등⁸⁾은 실제의 곡면을 평면

으로 펴는 데 필요한 수학적 공간은 좌우측 스피 만곡의 최대 깊이의 합에 0.2462를 곱한 후 0.1723을 뺀 값이라고 하였는데, 이는 대략 스피 만곡 최대 깊이의 좌우 평균값 1mm당 공간이 0.5mm 부족함을 나타내는 것으로 이는 Baldrige의 연구 결과⁹⁾의 절반

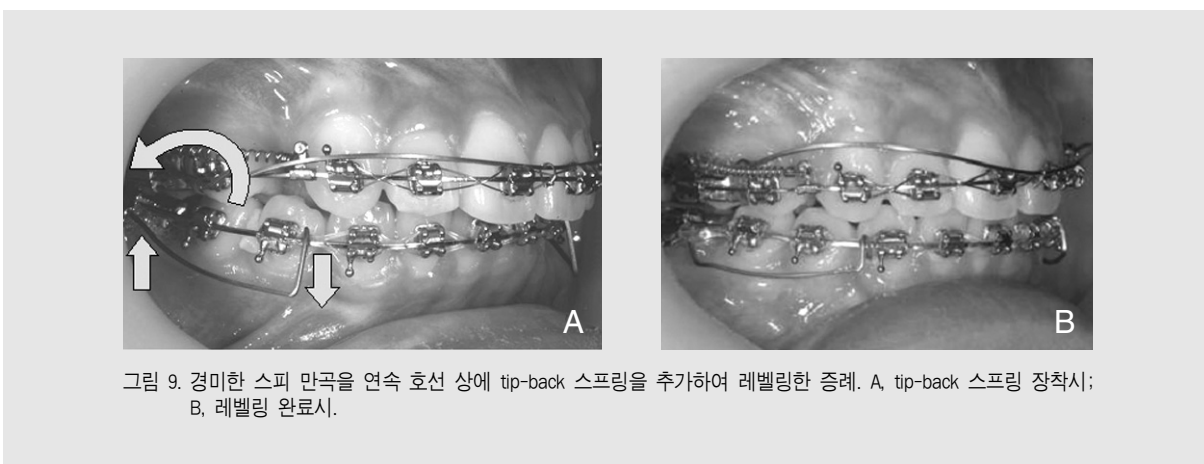


그림 9. 경미한 스피 만곡을 연속 호선 상에 tip-back 스프링을 추가하여 레벨링한 증례. A, tip-back 스프링 장착시; B, 레벨링 완료시.

임상가를 위한 특집 3

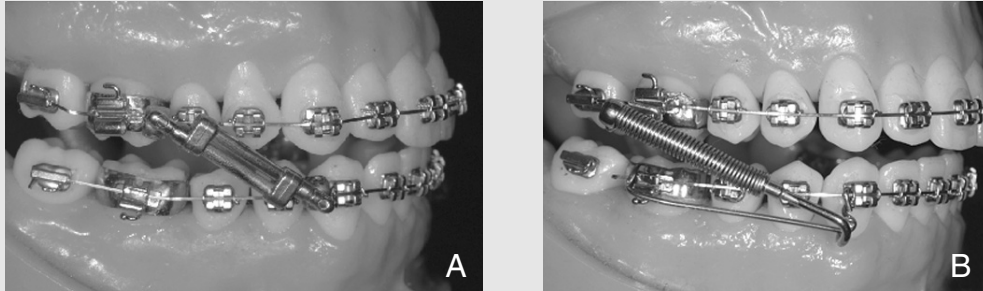


그림 10. 약간 고정식 스프링. A, Twin force 장치. Twin force 장치는 중앙 부분의 NiTi 코일 스프링이 내장된 실린더와 양단의 구상관절(ball and socket joint), 그리고 장치를 호선에 고정하기 위한 hex nut 부위로 구성되며, hex nut 부위는 상악 제1대구치 전방과 하악 견치 후방에 고정된다; B, Forsus 장치. Forsus 장치는 telescoping spring으로 감싸여진 push rod와 push rod를 상악 제1대구치 헤드기어 튜브에 고정하기 위한 L-pin 또는 EZ module, push rod를 하악에 장착하기 위해 하악 제1대구치 보조 튜브에 삽입되는 bypass wire로 구성된다.

정도의 수치에 불과하다. 설측 교정이 아닌 일반적인 순측 교정에서는 연속호선만으로 깊은 스피 만곡을 레벨링할 경우 절치에 대한 압하력이 절치의 저항중심보다 순측에 적용되므로 절치의 순측경사를 피할 수 없다. 이러한 절치의 순측경사를 줄이기 위해서는 분절 호선 상에서 tip-back spring을 전방 분절의 측절치와 견치 사이에 연결하여 압하력이 전방 분절의 저항중심을 지나도록 하여 절치를 압하시키면서 구치를 후상방으로 직립시키거나(그림 8), 연속호선 상에서 tip-back spring을 추가하여 구치를 후상방으로 직립시키는 것이 바람직하다(그림 9).

IV. II급 관계 개선을 위한 약간 고정식 스프링(interarch fixed spring)

약간 고정식 스프링을 II급 고무줄에 대한 협조가 불량한 환자에게 사용하면 II급 관계를 짧은 기간 동안 개선할 수 있다. 약간 고정식 스프링에는 구강내에서 신장되면서 견인력을 발휘하는 신장형 스프링과 구강내에서 구부러지면서 미는 힘을 발휘하는 curvilinear leaf (flexing) 스프링, 압축되면서 미는 힘을 발휘하는 압축형 스프링의 세 종류가 있다. 먼

저 신장형 스프링은 II급 고무줄과 마찬가지로 견인력을 발휘하는 스프링으로서 1960년대 말에 소개된 Saif 스프링이 소개된 후 1990년대 초 NiTi 약간 고정식 스프링(GAC, Bohemia, NY)이 소개되었는데 스프링의 파절이 너무 자주 일어나는 문제점이 있어 판매가 중단되었으나 최근 0.5mm 직경의 NiTi 선재를 사용하여 제작된 NiTi spring과 pivot을 이용한 약간 고정식 스프링(CS-2000, Dynaflex, St. Louis, MO)이 다시 소개되었다. Curvilinear leaf 스프링은 약 18년 전 소개된 Jasper jumper(American Orthodontics, Sheboygan, WI)가 대표적이며 고정식 스프링 중 가장 널리 쓰여 온 스프링이다. 마지막으로 압축형 스프링으로는 Twin force(Ortho Organizers, San Marcos, CA)와 Forsus(3M Unitek, Monrovia, CA)가 대표적인데 압축형 스프링은 신장형 스프링과 달리 정출력 대신 압하력을 가하며 curvilinear leaf 스프링에 비해 이물감이 적다는 장점이 있다(그림 10, 11). 그러나 II급 관계 개선을 위해 사용되는 모든 고정식 약간 스프링들은 II급 고무줄과 마찬가지로 교합평면의 전하방 회전을 일으킬 수 있으며, 이때 하악지의 수직 성장에 의해 하악 대구치 정출이 보상되지 않으면 하악이 후하방 회전될 수 있다는 점을 주의하여야 한

다(그림 11). 약간 고정식 스프링 사용 시 II급 골격관계도 개선되었다는 증례 보고들^{13,14)}도 있으나 조절된 임상 시험에서는 골격적인 효과보다는 치성 효과가 더 큰 것으로 나타났다¹⁵⁾. 이러한 장치들은 가철식 악정형장치와는 달리 순수하게 치아에 의해 지지되며 하루 24시간 내내 작용하기 때문에 짧은 기간 내에 하악 절치의 급속한 순측경사를 일으키고, 이에 따라 절단교합이 될 때까지 수평피개교합이 감소되면 더 이상 장치를 적용할 수 없게 된다. 만약 치성 효과를 억제하면서 충분한 기간 동안 약간 고정식 스프링을 적용할 수 있다면 이러한 장치로도 가철식 악정형장치와 유사한

효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되나, 기본적으로 고정식 교정장치에 부가적으로 적용되는 것이므로 장기간 적용하기 어렵다는 한계가 있다. 약간 고정식 스프링은 II급 고무줄과 마찬가지로 심한 반동(rebound)을 보이므로, 절단교합 상태로 과수정하여 스프링을 제거한 후, 상악 대구치의 원심경사와 하악 절치의 순측경사가 회복되면서 수평피개교합이 다시 증가하는 정도를 확인한 후 다음 단계로 진행하는 것이 바람직하다. 또한 Twin force나 Forsus와 같은 압축형 스프링을 사용하는 경우에도 힘이 치열의 저항 중심을 지나지 않으므로 교합평면이 회전되면서 스프링이 장

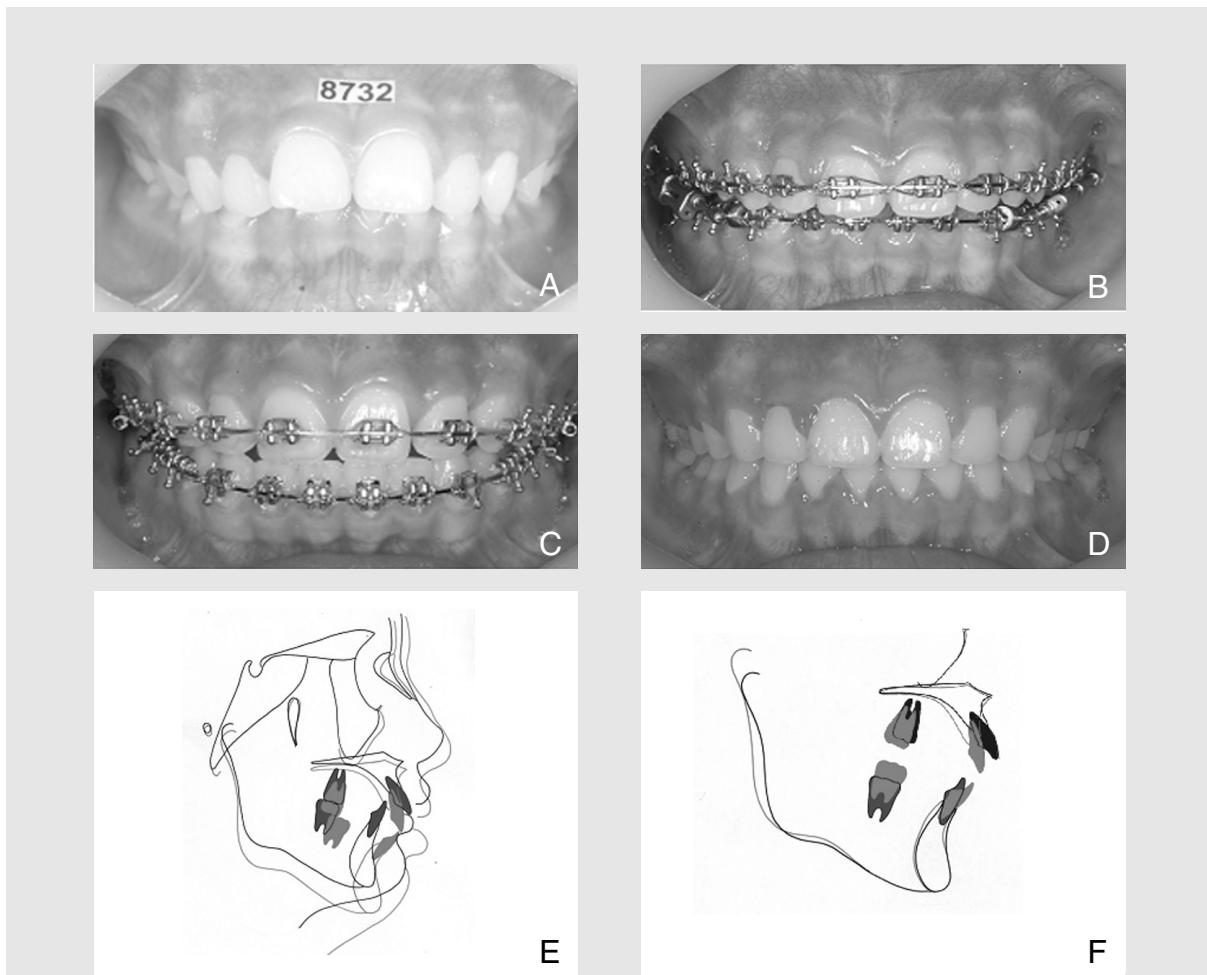


그림 11. Twin force를 사용하여 II급 관계를 개선한 증례. A, 치료전 구강내 사진; B, Twin force 장착 사진; C, 절단교합 관계로 과수정한 상태; D, 치료후 구강내 사진; E와 F, Twin force 적용 전후 두부측방사선사진 중첩. 상악 절치와 하악 대구치 정축에 따른 교합평면의 전하방 회전이 관찰된다. 왕성한 하악 수직 성장을 보여 하악의 후하방 회전은 일어나지 않았다.

착되지 않은 하악 대구치와 상악 절치의 정출이 일어날 수 있음에 유의하여야 한다(그림 11).

V. 맺는 글

II급 부정교합의 고정식 교정치료는 골격 관계의 개선 없이도 절치 전들의 개선과 과개교합의 개선을 통해 심미성과 기능을 크게 향상시킬 수 있는 치료법이

기는 하나 특히 수직 성장이 많이 남지 않은 환자에서는 치아의 정출이 수직 성장에 의해 보상되기 어려우므로 하악의 후하방 회전이 발생하면서 골격 관계가 더 나빠질 수 있다는 어려움이 있다. 치아의 정출은 특히 레벨링 과정과 II급 고무줄 또는 약간 고정식 스프링 사용 과정에서 많이 나타날 수 있으므로 치료 과정에서 수직적인 조절에 주의하여야 하며 II급 고무줄이나 약간 고정식 스프링에 의한 교합 관계 개선은 최소한으로 계획하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

1. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics 4th ed., St. Louis: Mosby Elsevier; 2007. p. 591-2.
2. Kinzinger GS, Fritz UB, Sander FG, Peter R, Diedrich. Efficiency of a pendulum appliance for molar distalization related to second and third molar eruption stage. Am J Orthod Dentofac Orthop 2004;125:8-23.
3. Byloff FK, Darendeliler MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: Clinical and radiological evaluation. Angle Orthod 1997;67:249-60.
4. Byloff FK, Darendeliler MA, Clar E. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: The effects of maxillary molar root uprighting bends. Angle Orthod 1997;67:261-70.
5. Angelieri F, Rodrigues de Almeida R, Rodrigues de Almeida M, Acácio Fuziy. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop 2006;129:520-7.
6. Poon Y, Byloff F, Pectocz P, Darendeliler MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part III. Outcome following phase 2 treatment with fixed appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop, in press.
7. Kinzinger G, Fuhrmann R, Gross U, P, Diedrich. Modified pendulum appliance including distal screw and uprighting activation for non-compliance therapy of Class-II malocclusion in children and adolescents. J Orofac Orthop 2000;61:175-90.
8. Braun S, Hnat WP, Johnson BE. The curve of Spee revisited, Am J Orthod Dentofac Orthop 1996;110:206-10.
9. Baldrige DW. Leveling the curve of Spee: Its effect on mandibular arch length, J Pract Orthod 1969;3:26-41.
10. Vaden JL, Dale JG, Klontz, HA. The Tweed-Merrifield edgewise appliance: philosophy, diagnosis, and treatment, in Orthodontics: Current Principles and Techniques 4th ed, ed. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. St. Louis: Elsevier Mosby; 2005. p. 686.
11. Root, TL. The level anchorage system, in Orthodontics: Current Principles and Techniques, ed. Graber TM, Swainl BF. St. Louis: Mosby; 1985. p. 646.
12. Woods M. A reassessment of space requirements for lower arch leveling. J Clin Orthod 1986;20:770-8.
13. Weiland FJ, Droschl H. Treatment of a Class II, division 1 malocclusion with the Jasper jumper: A case report. Am J Ortho Dentofac Orthop 1996;109:1-7.
14. Rothenberg J, Campbell ES, Nanda R. Class II correction with the bite corrector. J Clin Orthod 2004;38:232-40.
15. de Oliveira JN Jr, Rodrigues de Almeida R, Rodrigues de Almeida M, José Norberto de Oliveira. Dentoskeletal changes induced by the Jasper jumper and cervical headgear appliances followed by fixed orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop 2007;132:54-62.