

Analysis of effects from usage of skeletal anchorage-assisted Pendulum appliance on vertical component of craniofacial structure

Jin-Woo Lee*

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate distalizing effects from the Pendulum appliance on vertical component of craniofacial structures. **Materials and Methods:** 20 Patients who visited for orthodontic treatments are assigned to two groups. Group I, SN-MP > 37 degrees are showing hyperdivergent pattern. Group II, 29 < SN-MP < 37 degrees are showing mesocephalic pattern. Each group are consisted of 10 people. **Results and Conclusions:** Differences between skeletal classifications result in significant differences at labioversion of lower incisors and distalized amount, which is larger at Group I ($P < .05$). Group II has only shown significant distalized molars ($P < .05$). Labioversion of lower incisors has not shown significant change. Skeletal anchorage-assisted Pendulum appliance doesn't deteriorate vertical component nor significantly improve. (*J Dent Rehabil Appl Sci* 2018;34(1): 10-6)

Key words: skeletal anchorage-assisted; Pendulum appliance; vertical component of craniofacial structures

서론

상악 구치의 후방 이동은 상악의 골격성, 치아치조성 돌출 치료에서 필수적인 과정이다. 과거 연구에서 구외 장치를 이용하거나, 펜듈럼 장치, 가철식 교정 장치, 악간 고무줄, 자석 등에 대한 방법 등이 소개되었다.¹⁻⁴ 상악 구치를 후방 이동함으로써 발치를 거부하는 환자에서 어려울 수 있는 치료의 대안이 될 수 있으며, 부적절한 발치로 인한 상, 하순이 과도하게 견인되는 부작용을 막을 수 있다.

Pendulum appliance는 상악 제1대구치의 후방 이동을 가능하게 함으로써 2급 구치 관계를 수정할 수 있는 장치이며, 환자의 협조도가 필요하지 않으며, 상악의 확장

효과도 얻을 수 있다.³ 하지만 구치의 후방이동시 고정원의 상실, 비조절성 경사 이동 등 부작용이 존재하였다.⁵ 최근의 골격성 임시 고정원의 사용으로 절대적인 후방 이동이 가능하게 되었다.

임시 고정원과 Pendulum 장치를 동반하여 사용하는 치료 방식에 대해 다수의 연구가 보고되었다.⁶⁻¹⁷ 치료 효과에 대해 시상적 관계의 개선에 더불어, 수직적 요소에 구치의 후방 이동이 주는 영향에 대한 연구는 보고된 바가 없다. 본 연구의 목적은 상악 구치의 후방 이동이 발산형 안모와, 중간형 안모의 환자 군에 미치는 영향을 분석하여 이후 치료에 참고로 하기 위함이며, 귀무 가설은 발산형 안모와 중간형 안모에 미치는 상악 구치의 후방 이동은 유의한 영향을 주지 않는다는 것이다.

*Correspondence to: Jin-Woo Lee

Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University
119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Republic of Korea
Tel: +82-41-550-0114, Fax: +82-41-550-0233, E-mail: jwlee@dankook.ac.kr
Received: August 31, 2017/Last Revision: September 8, 2017/Accepted: December 18, 2017

Copyright© 2018 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
© It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

연구 재료 및 방법

이 연구는 단국대학교 임상시험위원회(DKUDH IRB)의 승인을 받아 진행하였다(DKUDH IRB 2017-08-006). 표본은 포함기준을 만족하는 20명의 환자로 구성하였다. 환자는 각각 10명씩 2개의 군으로 분류하였다(Table 1). 측모두부방사선사진에서 정상($29^\circ < \text{SN-MP} < 37^\circ$), 혹은 발산형 성장($\text{SN-MP} > 37^\circ$)양상을 나타내는 수치를 보이며, 비발치 교정 치료 받은 경우의 환자들, 좋은 구강 위생을 유지하고 있으며, 악관절 증상이 없는 환자를 포함하였다. 치료 초기 발산형 안모를 보인 환자 군과 중간형 안모를 보인 환자군으로 분류하였다. 두 군 모두에서 골격성 임시 고정원을 이용한 pendulum appliance를 이용하여 단기간 미치는 두개안면 영역의 영향을 평가하고자 하였다.

임시 고정원을 이용한 pendulum 장치 설치를 위해 국소마취 하에 1 단계 수술로 구개의 3번째 구개추벽에 $1.6 \times 8 \text{ mm}$ 미니스크류 2개를 식립한 뒤 제2대구치에 밴드와 pendulum 스프링으로 연결하여 제작하였다. 식립 위치는 구개골 정중중합의 측방이 골질이 가장 우수하므로 선택되었다.⁷ Pendulum 스프링은 0.032-in SS round wire로 제작하였으며, 작은 수평 조절 루프와 폐쇄형 helix로 구성하였으며, 임시 고정원에 접착 레진으로 고

정하였다. 스프링은 구치 밴드의 lingual sheath 에 삽입한다. 임시 고정원이 구개골의 지지를 얻기 때문에 절대적인 구치의 후방이동이 가능하다.⁶⁻⁹ 구치 밴드는 장치 시적 전에 접착하였으며, 스프링의 활성화는 구개면의 중심선에 평행하도록 하였으며, 힘은 300 g을 적용하였다.⁷ 환자는 1달 주기로 내원하도록 하였으며, 장치를 점검하였다. 재활성이 필요할 경우, lingual sheath에서 제거한 후 weingart 플라이어를 이용하여 시행하였다(Fig. 1).

각 환자의 측모두부방사선 사진을 치료 시작 전(T1)과 후(T2)에 나누어 채득하였다. 모든 선그리기 및 계측 과정은 한 명의 조사자에 의해 이루어졌다. 수직 기준선은 진성 수직선으로 설정하였다(Fig. 2, 3).



Fig. 1. Pendulum appliance.

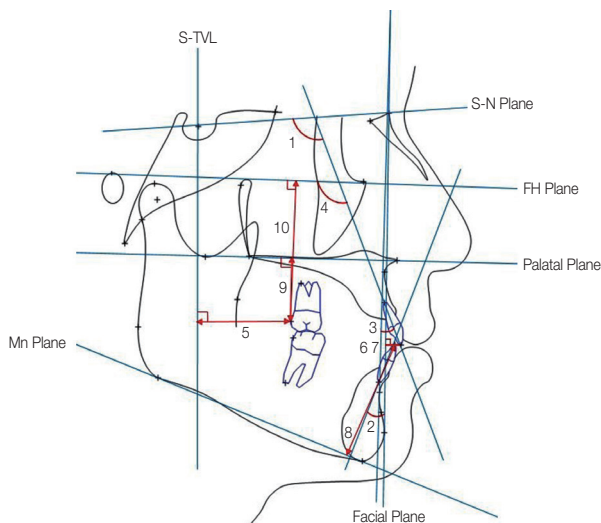


Fig. 2. (1) U1 to SN (degree), (2) L1 to NB (degree), (3) U1 to NA (degree), (4) U1 to FH Plane (degree), (5) S-TVL to U6d (mm), (6) L1 to Facial plane (mm), (7) U1 to Facial plane (mm), (8) L1 to Mn Plane (mm), (9) FH Plane to U6d (mm), (10) Palatal plane to U6d (mm), (11) FH Plane: Po - Or, (12) Palatal Plane: ANS - PNS, (13) Mn Plane: Me - Go, (14) Facial Plane: N - Po.

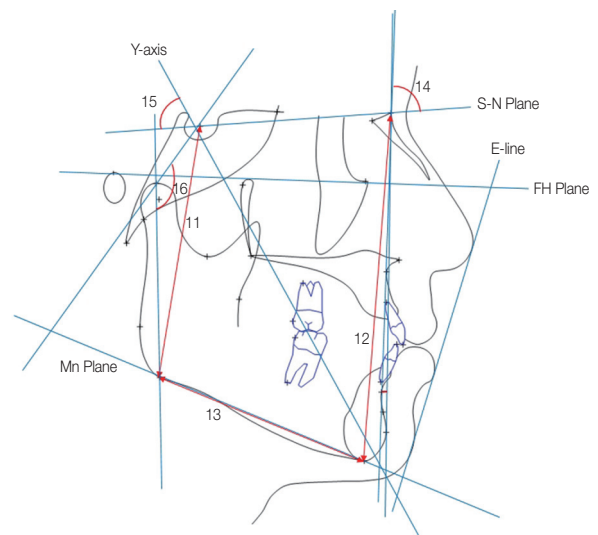


Fig. 3. (11) AFH (mm), (12) PFH (mm), (13) Body length (mm), (14) SNPo (degree), (15) Y axis to SN (degree), (16) Articular angle (degree). ODI: Mn. Plane-AB plane + FH plane-palatal plane (degree); IMPA: Mn plane - long axis of Mn 1 (degree); FMA: FH plane - Mn plane (degree); Facial Convexity: N-A-Pog (degree).

각 환자의 측모 두부 방사선 사진상에서 중첩 등으로 인해 상악 제1대구치의 선그리기 및 계측과정의 정확성이 의심스러운 경우, 치료 전 채득한 석고 모형과 치료 종료시 채득한 석고 모형의 계측치(중절치-제1대구치 원심까지 거리)를 참고하여 상악 제1대구치 위치를 설정하였다(Fig. 4).

본 연구의 표본에서 성장량을 배제하기 위하여 중첩된 두 방사선 사진에서 성장에 의한 절치의 전방이동은 치료 전후 중첩에서 발생한 거리만큼 대구치의 후방 이동량 결과에서 반영하여 측정하였으며 통계처리를 시행하였다(Fig. 5).

Windows용 SPSS 21.0 program을 이용하여 통계분석하였다. 각 군의 평균과 표준편차는 기술통계를 이용하였으며, 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 사용하였다. 정규분포를 따랐으므로 치료 전 비교를

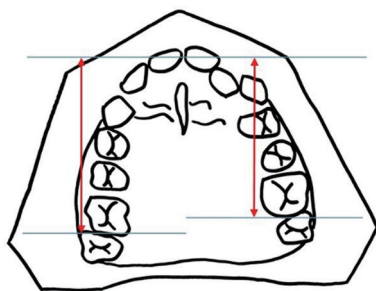


Fig. 4. Model analysis: calculation of distalized amount of 1st molar: different distance between Lt., Rt. side.

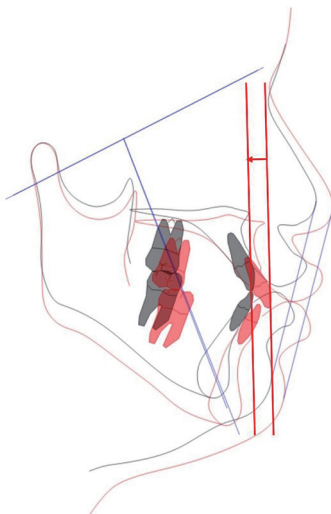


Fig. 5. Exclusion method of growth amount: different incisal position due to growth.

위해 Independent t-test를 시행하였으며, 각 군의 치료 전,후 비교를 위해 Paired t-test를 시행하였다.

결과

발산형 안모를 보이는 군에서 L1 to NB angular ($P < 0.05$), IMPA ($P < 0.05$), SN-Po ($P < 0.05$), Anterior Facial height ($P < 0.05$)는 치료 후 증가하였으며, Stvl U6d ($P < 0.05$), Interincisal angle ($P < 0.05$)는 치료 후 감소하였다. 이 역시 상악 구치의 후방이동, 전치의 전방 경사 증가를 나타내고 있다. 하악 절치가 Nasion-B point가 이루는 선과 이루는 각의 증가량은 $5.16 \pm 4.18^\circ$ 이다. IMPA의 증가량은 $4.95 \pm 3.82^\circ$ 이다. SN-Po의 증가량은 $1.04 \pm 1.30^\circ$ 이다. Anterior facial height의 증가량은 4.05 ± 5.37 mm이다. 상악 제1대구치의 후방이동량은 1.98 ± 1.62 mm이며, Interincisal angle의 감소량은 $8.06 \pm 8.85^\circ$ 이다(Table 2).

중간형 안모를 보이는 군에서 Stvl-U6d ($P < 0.05$)는 치료 후 감소했으며, L1 to Mandibular plane ($P < 0.05$)는 치료 후 증가하였다. 상악 제1대구치는 pendulum 장치에 의해 후방 이동 되었으며, 하악 절치와 하악 평면과의 거리가 증가하였다. 상악 제1대구치의 후방 이동량은 2.47 ± 1.80 mm이다. 하악 절치와 하악 평면과의 거리의 증가량은 1.35 ± 1.78 mm이다(Table 3).

치료 양의 군간 비교에 있어서, FMA, SN-GoGn 수치의 유의한 차이는 유지되고 있으나, ODI 값이 중간형 안모를 보이는 군에서 증가하였기 때문에, 유의한 차이를 보이고 있다($P < 0.05$)(Table 4).

치료 후 군간 비교에서 L1 to NB angular은 발산형 안모를 보이는 군에서 증가하였으나, 중간형 안모를 보이는 군에서 유의한 변화가 없었기 때문에 유의한 차이가 존재한다($P < 0.05$). IMPA, Facial height ratio도 발산형 안모를 보이는 군에서 유의하게 증가하였기 때문에 차이를 보이고 있다($P < 0.05$). Interincisal angle 은 발산형 안모를 보이는 군에서 유의하게 감소하였기 때문에 변화량에 유의한 차이가 존재한다($P < 0.05$)(Table 5).

Table 1. Sample distribution

	N (sample)	Mean age
Hyperdivergent group (HG)	10	18.4
Mesocephalic group (MG)	10	17.6

Table 2. Cephalometric variables of hyperdivergent group: pretreatment, posttreatment, difference

	Pretreatment	Posttreatment	Difference	P value
L1 to NB angular	24.67 ± 6.76°	29.83 ± 4.35°	-5.16 ± 4.18°	.004*
IMPA	88.74 ± 5.73°	93.69 ± 4.92°	-4.95 ± 3.82°	.003*
SNPo	76.35 ± 3.10°	77.39 ± 2.66°	-1.04 ± 1.30°	.032*
Anterior facial height (AFH)	127.76 ± 8.88 mm	131.81 ± 8.55 mm	-4.05 ± 5.37 mm	.041*
stvl U6d	32.83 ± 2.25 mm	30.85 ± 2.48 mm	1.98 ± 1.62 mm	.004*
Interincisal angle	129.83 ± 11.58°	121.77 ± 5.02°	8.06 ± 8.85°	.018*

significance level: * (< .05).

Table 3. Cephalometric variables of mesocephalic group: pretreatment, posttreatment, difference

	Pretreatment	Posttreatment	Difference	P value
stvl U6d	33.60 ± 3.78 mm	31.13 ± 4.19 mm	2.47 ± 1.80 mm	.002*
L1 to mandibular plane	40.06 ± 2.51 mm	41.42 ± 1.69 mm	-1.36 ± 1.79 mm	.040*

significance level: * (< .05).

Table 4. Differences of treatment amount between two groups (HG, MG)

	P value	Mean difference (HG-MG)
ODI	0.046*	-5.583°
FMA	0.021*	4.224°
SN-GoGn	0*	7.252°

significance level : * (< .05).

Table 5. Posttreatment comparison between two groups (HG, MG)

	P value	Mean difference (HG-MG)
L1 to NB angular	0.042*	-3.839°
IMPA	0.017*	-4.241°
Facial height ratio	0.022*	-0.012°
Interincisal angle	0.049*	7.305°

significance level : * (< .05).

총괄 및 고찰

구치의 후방이동시 여러 가지 구외, 구내 장치가 사용되어왔다.¹⁸ Hilgers의 pendulum 장치는 구내 장치로서 구치 후방이동시 상악 소구치, 절치, 구개면의 전방 부위를 고정원으로 사용하였다.^{19,20} 구치부의 후방 이동에는 효율적이거나 근심 방향의 힘 또한 발생하여, 고정원의 손실이 발생할 수 있다.⁵ 임시 고정원의 사용은 이러한 근심방향의 고정원 상실의 거의 발생하지 않도록 함으로써 치료에 유의한 차이를 만들어낼 수 있다.⁶⁻¹⁷

Triaca 등²¹, Wehrbein 등²²은 경구개의 정중상부위가 임시 고정원의 위치로 적절하다고 하였으며, 현재 널리 받아들여지고 있다. 정중부위 근처 영역 역시 식립에 적절하다고 판단된다.⁷ 이번 연구에서는 직경 1.6 mm, 길이 8 mm의 miniscrew를 정중부위 양측에 전, 후방 거리차를 두고 식립하였으며, 이는 장치의 상, 하 방향의 회전을

억제하며, 견고한 고정원을 얻기 위함이다.

이전의 연구에서 pendulum 형태의 장치는 상악 구치의 유의한 후방 경사를 야기한다.⁹ 평균 후방 경사 양은 1.8 mm 이동시 1.5°이며 이는 1 mm 이동시 0.8° 후방경사로 환산된다.⁵ 순측에서 연속 호선을 삽입함으로써 구치의 후방 경사를 감소시킬 수 있다.²³ 또한, 후방이동으로 발생한 공간으로 소구치, 견치, 절치들이 뒤이어 후방 이동 됨에 따라 구치의 경사 및 위치에 영향을 주게 되며, 이로 인해 후방 경사양이 감소할 수 있다.

Pendulum 형태의 장치로 구치를 후방이동할 경우 수직적으로 정출, 함입이 발생하는 데에 있어 논란이 존재한다.이전의 연구에서 기존의 pendulum 장치를 사용할 경우 제1대구치의 함입이 발생하였으나, 유의하지 않았고 하였다.^{3,4} 대조적으로 다른 연구에서 구치의 정출을 보고하였으나 이 역시 유의하지 않았다고 하였다.^{9,23} Byloff 등은 3.39 ± 1.25 mm 후방 이동시 1.68 ± 1.33 mm의 구

치부 함입을 보고하였다.²⁴ 이러한 함입을 혀에 의한 영향, 강하게 고정된 장치에 의한 수직적 성장의 억제와 장치 자체의 디자인에 의한 잠재적 영향으로 판단하였다. 마 등은 1.8 mm 후방 이동시 원심 교두의 1.1 mm의 함입을 보고하였다.⁵ 이 연구에서 구개면에서 얻은 절대적 고정원이 구치에 힘을 가하고 있기 때문이라고 판단하였다.

이번 연구에서 측모 두부방사선 사진 분석에서 수직적인 지표에서 유의한 차이를 보이는 두 군에서 골격 지지 pendulum 장치의 영향을 분석하고자 하였다. Pendulum 장치와 교정치료로 인해 치성 변화들을 관찰하였으나 수직적인 지표의 유의차는 치료 후에도 유지되었다. 중간형 안모에서 상악 구치부의 정출은 유의하지 않았으며 전체 골격에 있어서 수직적으로도 변화가 없었다. 발산형 안모에서 상악 구치부의 함입은 유의하지 않았으며 전체 골격에 있어서 수직적으로도 변화가 없었다. 중간형 안모에서 치료 종료 후 ODI 값은 증가하여 파개교합이 증가된 양상을 확인할 수 있었다. 이전의 연구와 유사한 결과를 얻을 수 있었는데, pendulum 장치를 사용할 경우 구치부의 정출은 관찰되지 않았으며, 이로 인해 안모의 수직적인 부분에도 유의한 영향을 미치지 않았다.

결론

골격 형태에 따른 차이로 발산형 안모군(HG)은 구치부 후방이동과 관련하여 하악 전치의 순측 경사가 유의하게 나타났다. 중간형 안모군(MG)은 구치부의 유의한 이동만 나타났다. 전치의 순측 이동은 유의성이 없었다. 본 논문에서 Pendulum 장치는 수직적인 안모 형태에 유의한 영향을 주지 않으며, 악화시키지 않았다.

Acknowledgements

이 연구는 2017학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

References

1. Bolla E, Muratore F, Carano A, Bowman SJ. Evaluation of maxillary molar distalization with the distal jet: a comparison with other contemporary methods. *Angle Orthod* 2002;72:481-94.
2. Burhan AS. Combined treatment with headgear and the Frog appliance for maxillary molar distalization: a randomized controlled trial. *Korean J Orthod* 2013;43:101-9.
3. Fuziy A, Rodrigues de Almeida R, Janson G, Angelieri F, Pinzan A. Sagittal, vertical, and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:502-10.
4. Patel MP, Janson G, Henriques JF, de Almeida RR, de Freitas MR, Pinzan A, de Freitas KM. Comparative distalization effects of Jones jig and pendulum appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:336-42.
5. Mah SJ, Kim JE, Ahn EJ, Nam JH, Kim JY, Kang YG. Analysis of midpalatal miniscrew-assisted maxillary molar distalization patterns with simultaneous use of fixed appliances: a preliminary study. *Korean J Orthod* 2016;46:55-61.
6. Escobar SA, Tellez PA, Moncada CA, Villegas CA, Latorre CM, Oberti G. Distalization of maxillary molars with the bone-supported pendulum: a clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:545-9.
7. Onçağ G, Seçkin O, Dinçer B, Arikan F. Osseointegrated implants with pendulum springs for maxillary molar distalization: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:16-26.
8. Onçağ G, Akyalçın S, Arikan F. The effectiveness of a single osteointegrated implant combined with pendulum springs for molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:277-84.
9. Polat-Ozsoy O, Kircelli BH, Arman-Ozçirpici A, Pektaş ZO, Uçkan S. Pendulum appliances with 2 anchorage designs: conventional anchorage vs bone anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:339.
10. Fudalej P, Antoszewska J. Are orthodontic distalizers reinforced with the temporary skeletal anchorage devices effective? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:722-9.
11. Grec RH, Janson G, Branco NC, Moura-Grec PG, Patel MP, Castanha Henriques JF. Intraoral distalizer effects with conventional and skeletal anchorage: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:602-15.

12. Keles A, Erverdi N, Sezen S. Bodily distalization of molars with absolute anchorage. *Angle Orthod* 2003;73:471-82.
13. Kinzinger GS, Wehrbein H, Diedrich PR. Molar distalization with a modified pendulum appliance- in vitro analysis of the force systems and in vivo study in children and adolescents. *Angle Orthod* 2005;75:558-67.
14. Caprioglio A, Fontana M, Longoni E, Cozzani M. Long-term evaluation of the molar movements following Pendulum and fixed appliances. *Angle Orthod* 2013;83:447-54.
15. Sar C, Kaya B, Ozsoy O, Özçirpici AA. Comparison of two implant-supported molar distalization systems. *Angle Orthod* 2013;83:460-7.
16. Kang JM, Park JH, Bayome M, Oh M, Park CO, Kook YA, Mo SS. A three-dimensional finite element analysis of molar distalization with a palatal plate, pendulum, and headgear according to molar eruption stage. *Korean J Orthod* 2016;46:290-300.
17. Kärcher H, Byloff FK, Clar E. The Graz implant supported pendulum, a technical note. *J Cranio-maxillofac Surg* 2002;30:87-90.
18. Yu IJ, Kook YA, Sung SJ, Lee KJ, Chun YS, Mo SS. Comparison of tooth displacement between buccal mini-implants and palatal plate anchorage for molar distalization: a finite element study. *Eur J Orthod* 2014;36:394-402.
19. Hilgers JJ. The pendulum appliances for Class II non-compliance therapy. *J Clin Orthod* 1992;26: 706-14.
20. Hilgers JJ, Bennet RK. The pendulum appliance: creating the gain. *Clin Impressions* 1994;3:14-23.
21. Triaca A, Antonini M, Wintermantel E. Ein neues titan-flachschrauben-implantat zur orthodontischen verankerung am anterioren gaumen. *Inf Orthod Kieferorthop* 1992;24:251-7.
22. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. Palatal bone support for orthodontic implant anchorage-a clinical and radiological study. *Eur J Orthod* 1999;21:65-70.
23. Kircelli BH, Pektaş ZO, Kircelli C. Maxillary molar distalization with a bone-anchored pendulum appliance. *Angle Orthod* 2006;76:650-9.
24. Byloff FK, Darendeliler MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: Clinical and radiological evaluation. *Angle Orthod* 1997;67: 249-60.

골격고정원을 이용한 Pendulum 장치가 두개 안면의 수직적 요소에 미치는 효과 분석

이진우*

단국대학교 치과대학 치과교정과학교실

목적: 골격성 고정원의 사용으로 고정원이 보강된 Pendulum 장치가 환자의 두개 안면 요소의 수직적인 부분에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 골격성 고정원과, pendulum을 이용하여 비발치 치료를 시행한 환자 중, 발산형 안모($SN-MP > 37^\circ$)와 중간형 안모($29^\circ < SN-MP < 37^\circ$) 각각 10명씩 분류하여 치료의 단기적 효과에 대해 분석하였다.

결과 및 결론: 골격 형태에 따른 차이로 발산형 안모군(HG)은 구치부 후방이동과 관련하여 하악 전치의 순측 경사가 유의하게 나타났다($P < 0.05$). 중간형 안모군(MG)은 구치부의 유의한 이동만 나타났다($P < 0.05$). 전치의 순측 이동은 유의성이 없었다. 본 논문에서 Pendulum 장치는 수직적인 안모 형태에 유의한 영향을 주지 않으며, 악화시키지 않았다.

(구강회복응용과학지 2018;34(1):10-6)

주요어: 골격성 고정원; Pendulum 장치; 두개 안면의 수직적 요소

*교신저자: 이진우

(31116)충청남도 천안시 동남구 단대로 119 단국대학교 치과대학 치과교정과학교실

Tel: 041-550-0231 | Fax: 041-550-0233 | E-mail: jwlee@dankook.ac.kr

접수일: 2017년 8월 31일 | 수정일: 2017년 9월 8일 | 채택일: 2017년 12월 18일