

ORTODONTİ DEĞERLENDİRMELERİ

Editör: Doç.Dr. Ebru KÜÇÜKKARACA

Ortodonti Değerlendirmeleri

Editör

Doç.Dr. Ebru KÜÇÜKKARACA

yaz
yayınları

2025

Ortodonti Değerlendirmeleri

Editör: Doç.Dr. Ebru KÜÇÜKKARACA

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8508-08-6

Ekim 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Digital Approaches in Orthodontics..... 1

Kazım Kaan YILDIZ, Fatma Selenay UÇAŞ-YILDIZ

**İnfrazigomatik Krest (IZC) Vidaları: Anatomik Temeller,
Biyomekanik İlkeler ve Klinik Uygulamalar..... 21**

Dilan BAYRAM

Şeffaf Plak Tedavisinde Kullanılan Ataşmanlar 33

Funda ERMİŞ KARA, Ebru KÜÇÜKKARACA

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

DIGITAL APPROACHES IN ORTHODONTICS

Kazım Kaan YILDIZ¹

Fatma Selenay UÇAŞ-YILDIZ²

1. INTRODUCTION

1.1. Digital Approaches in Orthodontics: The Beginning of a New Approach

Digitalisation in orthodontics is not merely a trend but also a fundamental transformation of specialist practice. Treatment planning, measurement and appliance production processes used in traditional methods are now being replaced by more precise, faster and patient-friendly designs. This evolution of digitalisation is of great importance in terms of both increased accuracy in diagnosis and clinical efficiency (Pandey et al., 2024).

1.2. The Power of Digitalisation in Diagnosis and Treatment Planning

Digital platforms (e.g., digital radiography, CBCT, computer-aided design and manufacturing CAD/CAM) offer more reliable modelling, simulation and communication capabilities than traditional methods. These technologies increase diagnostic accuracy while also enabling detailed treatment planning tailored to patient needs (Cunha et al., 2021).

¹ Arş. Gör., Necmettin Erbakan University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics, k.kaan2064@gmail.com, ORCID: 0009-0001-6954-0211.

² Arş. Gör., Necmettin Erbakan University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, selenay.ucas@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2905-4594.

1.3. Advantages of 3D Imaging and Modelling

Three-dimensional (3D) modelling provides superior control and predictability in the planning process for orthodontic applications. Intraoral scanners, in particular, enable the high-precision digital transfer of the oral cavity in the clinical environment. This allows for the creation of fast, comfortable and reproducible models using digital models instead of physical plaster models, without creating physiological stress. Digital models offer significant advantages in terms of analysis, simulation, treatment monitoring and patient communication. Furthermore, measurements obtained using this method provide analytical reliability while also saving time and increasing clinical efficiency (Mohammed Alassiry, 2023).

1.4. Improvements in Efficiency and Patient Experience

Digital approaches not only accelerate the orthodontic treatment process but also significantly enhance patient comfort. Digital impression-taking methods cause much less discomfort in the mouth and significantly reduce the gag reflex when compared to traditional materials such as alginate and polyvinyl siloxane. A systematic review by Alassiry and colleagues demonstrated that digital scanning methods clearly outperform traditional measurement methods in terms of comfort, scanning time, and reproducibility (Mangano et al., 2018).

1.5. Digital Measurement and Modelling

In orthodontics, the process of taking impressions has long been carried out using physical plaster models prepared with elastomeric or alginate-based materials, one of the most commonly used methods for many years. However, these traditional methods have disadvantages such as discomfort for patients, gag reflex due to pressure applied to surrounding

tissue, limitations in measurement accuracy, storage difficulties, and generally long laboratory processes.

Today, intraoral scanners have largely overcome these issues. These technologies:

- Increase patient comfort and reduce reflex responses.
- Make clinical processes faster and more efficient. They eliminate laboratory interventions, physical transport, and disinfection processes by enabling direct integration with digital data.
- Clinical studies have also shown that patients find the digital method significantly more comfortable, particularly compared to alginate impressions, with a marked increase in patient satisfaction and comfort.

These developments demonstrate that intraoral scanners offer clear advantages over traditional techniques in terms of both clinical processes and patient experience (Burzynski et al., 2018).

1.5.1. Use of Intraoral Scanners

Intraoral scanners directly produce high-resolution three-dimensional digital models of the inside of the mouth. This approach offers a number of advantages for both clinicians and patients. In the clinical setting, scanning time is significantly reduced, enabling dentists to work more accurately, quickly and efficiently. At the same time, it offers patients a much more comfortable experience compared to traditional impression-taking methods. It has been observed that the gag reflex is almost completely eliminated, particularly in young patients, and that the acceptability of digital measurements is very high. Furthermore, the measurement accuracy of intraoral scanners has been found to be equivalent to or, in certain cases, superior to traditional elastomeric or alginate methods.

These findings are supported by the following studies:

- A rapid review reported that intraoral scanners provide similar accuracy to traditional methods in laboratory data; however, in clinical data, they were found to be superior in terms of patient preference and time efficiency, even for fixed restorations smaller than 4 units. In particular, the significant advantages of digital methods in patient preference and time savings were emphasised.
- In a clinical evaluation by Alassiry and colleagues, digital scanning was found to provide high reproducibility, shorter scanning times, and increased patient comfort.
- Additionally, a study by Sfondrini et al. demonstrated that digital models obtained with intraoral scanners offer comparable accuracy to traditional plaster models in clinical applications, shorter processing times, and significantly higher patient comfort (Afrashtehfar et al., 2022).

1.5.2. Advantages of Digital Models

Digital models in orthodontics offer significant advantages over traditional methods in terms of accuracy, ease of storage, shareability, and treatment simulation capabilities:

- *Accuracy and repeatability:* Digital models minimise measurement errors and ensure high consistency in long-term follow-ups. A systematic review reported that digital measurements offer high correlation and clinical acceptability in parameters such as arch, tooth diameter, and space analysis.
- *Storage convenience:* Unlike physical plaster models, which can break, get lost, or take up space, digital

models can be securely stored electronically, requiring no storage space or costs.

- *Shareability*: During treatment processes, the ability to instantly share data between dentists, laboratory technicians, and multidisciplinary teams greatly enhances communication and coordination.
- *Simulation capability*: Digital models can visualise pre- and post-treatment plans in a virtual environment; this both increases the accuracy of the dentist's planning and encourages the patient's active participation in the process (Shastry & Park, 2014).

1.5.3. Clinical Manifestation

The use of digital impressions in orthodontic treatment planning provides significant convenience in bracket placement, appliance production, and patient motivation. Furthermore, integrating digital impressions into laboratory processes shortens the production time and increases cost efficiency.

1.6. Orthodontic Treatment with Clear Aligners

1.6.1. Treatment Planning

Clear aligner systems (clear aligner therapy) have become one of the most preferred digital treatment methods in orthodontics in recent years. The concept of "tooth positioning appliance" defined by Kesling in 1945 forms the basis of this method today. This concept has undergone a long evolution, and modern clear aligner treatments became widespread with the launch of Invisalign (Align Technology) in 1998 (Kau et al., 2023).

In these systems, tooth movements are planned in a virtual environment using advanced computer software. Movements suitable for treatment are applied to the patient

through a series of custom-made aligners. This provides both the dentist and the patient with a highly predictable, controlled, and patient-centered treatment process (Weir, 2017).

1.6.2. Advantages

Clear aligner systems offer significant advantages in terms of aesthetics, comfort, and quality of life, especially for adult orthodontic patients.

- **Aesthetics:** The transparent structure of aligners, which do not contain visible elements such as brackets and wires, makes them more readily accepted by patients who are highly concerned about aesthetics in their social lives. This has increased demand for treatment, particularly among adults.
- **Comfort:** Since the surfaces of the plates are smooth, lip and cheek irritation commonly seen with traditional appliances is minimal. Furthermore, the removable nature of the plates provides comfort during meals.
- **Hygiene:** Since the plates are removable, brushing and flossing are not hindered. This reduces the risk of cavities and periodontal problems during treatment.
- **Simulation of the treatment process:** Computer-based software allows patients to see a virtual result before treatment, which increases patient motivation and improves treatment compliance. In addition, the planned sequence of tooth movements provides the dentist with greater predictability.
- **Patient satisfaction:** Clinical studies show that patients using clear aligners have higher overall satisfaction levels during treatment compared to those undergoing fixed appliance treatment (Papadimitriou et al., 2018; Rossini et al., 2015).

1.6.3. Limitations

- **Control of rotation and vertical tooth movement is limited.** Transparent aligners are weaker than fixed appliances, particularly in terms of controlling rotation (the movement of the tooth around its own axis) and vertical movement. The predictability of rotation is low, especially in teeth with rounded contours. According to cephalometric analyses, the success rate of vertical movements such as anterior tooth extrusion (pulling outwards) was only around 30%, while the success rate for molar distalisation (pushing back the back teeth) could reach up to 88%. Additionally, depending on the severity of the malocclusion and tooth form, significant interference and limited control were observed in rotational movements.
- **There is a high degree of dependence on patient compliance.** The success of transparent aligner treatment largely depends on the patient's discipline in wearing the aligners for 20–22 hours a day. Without this commitment, treatment time is prolonged and results are not as desired. Furthermore, the removable nature of the aligners carries risks such as loss, damage or misuse. This negatively impacts treatment efficiency and predictability.
- **The cost is high.** Transparent aligner treatment can be more expensive than fixed appliances. This cost may create accessibility issues in some regions and healthcare systems. Furthermore, digital planning, the tracking system, and appliance set costs are among the factors that increase the total treatment fee (Katib et al., 2024).

1.6.4. Clinical Applications

Transparent aligners, which were initially a limited option for minor corrections in patients with purely aesthetic concerns, have now become an effective treatment method for a wider range of orthodontic indications, such as malocclusion, diastema closure, and simple distalisation. For example, the study by Tamer and colleagues emphasised that clear aligners provide reliable and patient-friendly results in the treatment of moderate crowding and diastema. Furthermore, successful applications have been reported in case groups involving arch expansion and tooth alignment (Ma & Wang, 2023).

However, in skeletal malocclusions (e.g. Class II–III relationship, anteroposterior or vertical jaw discrepancies), a combination of surgery and fixed appliances is generally required. A randomised controlled trial emphasised that in complex jaw disorders treated with a combination of the surgery-first approach and clear aligner therapy, the haematological and skeletal stability outcomes were comparable to those achieved with traditional approaches, but that surgical intervention was unavoidable. Therefore, while clear aligners can be used in a wide range of cases, the correction of severe skeletal malocclusions requires customised surgical and fixed treatment protocols tailored to the patient.

1.7. The Contribution of 3D Printers to Orthodontics

1.7.1. Integration of Production Technology into Orthodontics

- Three-dimensional (3D) printers are increasingly being used in dental and orthodontic applications. This technology enables the production of models, appliances and treatment aids using a layered manufacturing method based on computer-aided design (CAD) data. In particular, the direct transfer

of digital data obtained with intraoral scanners to 3D printers provides revolutionary convenience in clinical and laboratory processes (Ergül et al., 2023).

1.7.2. Apparatus and Model Production

Orthodontic models: Plaster models have been replaced by digitally produced acrylic or resin-based models. These models are used both for archiving and for case presentations.

Retainer and plate production: Transparent sheets can be prepared on models produced with 3D printers using vacuum forming machines.

Customised appliances: Distalisation appliances, devices containing expansion screws or mini implant guide plates can be custom-designed and printed.

This has made it possible to produce treatment-specific appliances more quickly and with greater precision (Ingle et al., 2025).

1.7.3. Clinical Benefits

- **Rapid production:** The integration of 3D printers into orthodontics has significantly reduced laboratory time. While traditional methods involving plaster model preparation, casting and manual processing steps can take days, 3D printing reduces this time to hours. This speeds up the treatment process, particularly in urgent cases.
- **Cost-effectiveness:** 3D printing technology offers long-term cost advantages. By eliminating the need for physical model archiving, reducing laboratory labour and minimising material waste, it increases clinical efficiency even in customised production.
- **High accuracy:** The combination of CAD/CAM-based digital planning and 3D printer production

enables the manufacture of high-precision models and appliances by minimising measurement errors. An in vitro study demonstrated that 3D models produced from intraoral scanner data offered clinically acceptable levels of higher accuracy compared to traditional methods.

- **Patient motivation:** Showing models printed with a 3D printer to the patient prior to treatment facilitates understanding of the planned tooth movements and increases motivation for treatment. Visualisation strengthens patient-dentist communication and improves compliance with treatment. Furthermore, clinical studies have demonstrated that treatment simulations performed using digital models contribute significantly to patient satisfaction.

1.7.4. Limitations and Future Perspectives

There are still some limitations in the use of 3D printers:

- **Material biocompatibility and long-term durability:** Evidence regarding the biocompatibility and long-term stability in the oral cavity of resin-based materials produced with 3D printers is limited. In particular, the long-term mechanical durability and biological safety of photopolymer resins are still being investigated (Prakash et al., 2024).
- **High cost:** The cost of professional printers capable of high-quality printing and biocompatible materials can increase clinical investments. Therefore, the initial cost poses an obstacle for small-scale clinics (Tian et al., 2021).
- **Printing time:** Printing time varies depending on the type of printer used (stereolithography, DLP, FDM,

etc.), which can affect time management in clinical applications.

Nevertheless, research indicates that 3D printing technology is developing rapidly and will become standard in orthodontic practice in the near future. The integration of CAD/CAM and artificial intelligence, along with the development of more biocompatible materials and reduced costs, is expected to lead to the widespread adoption of this technology.

1.8. Artificial Intelligence and Its Use in Orthodontics

1.8.1. The Introduction of Artificial Intelligence to Orthodontics

In recent years, artificial intelligence (AI) applications have been increasingly used in the field of healthcare. In orthodontics, artificial intelligence is also being used to assist dentists in both diagnosis and treatment planning. Thanks to deep learning and artificial neural networks, it has become possible to classify malocclusions, perform cephalometric analyses automatically, and predict the treatment process (Liu et al., 2023).

1.8.2. Artificial Intelligence in Diagnosis

- **Malocclusion classification:** AI algorithms can classify malocclusion types with high accuracy using lateral cephalometric films.
- **Automatic measurements:** The identification of cephalometric points and the taking of measurements have become faster and more reliable with artificial intelligence-based software.

- **Detected anomalies:** Jaw asymmetries and dental anomalies can be automatically identified on radiographs.
- **Growth and Development Forecast:** Growth and development stages can be determined from wrist X-rays and cephalometric X-rays (Subramanian et al., 2022).

1.8.3. Artificial Intelligence in Treatment Planning

- **Estimated treatment duration:** AI models can predict the approximate duration of treatment based on the patient's initial records.
- **Simulation of tooth movements:** Artificial intelligence-supported software can show in a virtual environment which direction the teeth will move and by how much.
- **Monitoring patient compliance:** Particularly in clear aligner treatment, AI-based applications can track patient usage data to measure compliance levels.

A review has reported that AI applications significantly save clinicians time in the diagnosis and planning processes in orthodontics and reduce the error rate (Olawade et al., 2025).

1.8.4. Clinical Application Examples

- Cephalometric point detection can be performed with high accuracy using deep learning algorithms developed by Google.
- Companies such as Align Technology are integrating treatment simulations into artificial intelligence-supported platforms.
- Patient monitoring can be carried out via mobile applications, making the treatment process more efficient.

1.8.5. Limitations and Future Perspectives

- The reliability of artificial intelligence is limited by the quality of the data sets used.
- Ethical issues in AI applications (data privacy, responsibility sharing) are still being debated.
- It is not possible for artificial intelligence to completely replace physician control in clinical decisions, but it continues to develop as a powerful support tool.
- The inability of written descriptions to accurately reflect patient biology (Al Turkestani et al., 2021).

1.9. Future Expectations

1.9.1. Personalised Orthodontics

One of the most significant benefits of digitalisation in orthodontics is the personalisation of treatments. In the future, thanks to the integration of artificial intelligence and bioinformatics, more personalised treatment plans will be possible, taking into account patients' genetic characteristics and growth potential. This shift will not only optimise treatment efficiency but also minimise potential risks by enabling orthodontists to predict biological responses more accurately. Moreover, three-dimensional imaging technologies combined with machine learning algorithms will allow for precise simulations of tooth movement, jaw growth, and even facial aesthetics, thereby empowering clinicians to develop treatment strategies that are uniquely adapted to each individual.

In addition, digitalisation will facilitate the incorporation of large-scale patient data into clinical decision-making. Through the analysis of genomic data, salivary biomarkers, and epigenetic profiles, orthodontic treatments may evolve from a standardised approach to a highly individualised one. For

instance, the prediction of root resorption susceptibility or the likelihood of relapse after treatment can become an integral part of planning, which would allow orthodontists to implement preventive measures in advance. Beyond the biological aspects, digital platforms and teleorthodontics will also support continuous patient monitoring, real-time feedback, and adaptive adjustments, further enhancing the overall precision and success of orthodontic care.

1.9.2. Patient Centred Approaches

Digital technologies are increasing patient participation in treatment. Thanks to interactive software and mobile applications, patients will be able to closely monitor their own treatment processes, and doctor-patient communication will become more transparent and continuous. This will increase patient compliance and satisfaction.

1.9.3. Advanced Artificial Intelligence Applications

In the future, artificial intelligence algorithms will not be limited to diagnosis and planning; they will be able to provide real-time feedback during treatment. For example, in transparent aligner treatment, it may be possible to measure the force applied by the aligners to the teeth and make the necessary adjustments through instant data analysis. This real-time monitoring capability will transform orthodontic practice into a dynamic and adaptive process rather than a static one, allowing clinicians to detect suboptimal tooth movements early and intervene before complications arise.

Furthermore, the integration of smart sensors within aligners could provide continuous streams of biomechanical data, such as pressure distribution, duration of wear, and patient compliance levels. These data, when processed by advanced algorithms, will create feedback loops between the patient and

the orthodontist, enabling the refinement of treatment protocols on a day-to-day basis. In addition, predictive modelling powered by machine learning may allow orthodontists to simulate alternative biomechanical strategies instantly, ensuring that the most effective and biologically sound method is always applied.

Beyond transparent aligners, this approach may extend to other orthodontic devices, such as fixed appliances and functional appliances, by embedding microsensors capable of recording forces, torque, and even tissue responses. With such technologies, orthodontic treatment could become more precise, safer, and highly individualised, reducing treatment times while improving long-term stability. Ultimately, the combination of artificial intelligence, smart materials, and continuous data feedback has the potential to redefine the very framework of orthodontic care, turning it into a highly interactive and patient-centred discipline.

1.9.4. Nanotechnology and New Materials

The integration of nanotechnology in orthodontics is expected to lead to the development of new materials that are biocompatible, possess antibacterial properties, and offer more controlled force application capabilities. These materials may reduce complication risks while shortening treatment duration.

1.9.5. Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR)

The increased use of virtual and augmented reality applications in orthodontic education and patient motivation is anticipated. These technologies will greatly contribute to both the development of students' clinical skills and patients' understanding of the treatment process.

2. RESULT

The integration of digital technologies in orthodontics has led to a paradigm shift in this field of dentistry. Diagnostic and treatment processes traditionally carried out using conventional methods have become much faster, more reliable and more patient-friendly thanks to digital systems. Intraoral scanners, 3D printers, clear aligner systems and artificial intelligence-supported software, in particular, have become an integral part of modern orthodontic practice (Christopoulou et al., 2022).

Digital measurement techniques have not only increased clinical accuracy but also enhanced patient satisfaction and compliance with treatment. Clear aligner treatments have become a powerful alternative to fixed appliances for patients with aesthetic concerns, increasing the social demand for treatment. Three-dimensional printer technology has fundamentally changed laboratory processes by enabling the rapid and economical production of customised appliances. Artificial intelligence applications offer significant advantages not only in diagnosis and planning, but also in predicting treatment duration, monitoring patient compliance, and reducing clinical errors (AlMogbel, 2025).

However, despite all these innovations, certain limitations must be taken into account. The accuracy of artificial intelligence algorithms depends on the diversity and quality of the data sets used. The cost of digital systems may still be high, especially for small-scale clinics. Scientific evidence regarding the biocompatibility of the materials used and their long-term clinical performance needs to be strengthened. Furthermore, data privacy and ethical responsibility issues are also emerging as important areas of debate in the future of digital orthodontics.

However, the pace of development in digital orthodontic technologies indicates that these limitations can be largely overcome. In the future, more personalised treatment planning, new nanotechnology-supported materials, augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applications will enable more comprehensive clinical solutions. Furthermore, the support of artificial intelligence with more advanced algorithms will provide the clinician with a powerful second opinion in treatment planning.

In conclusion, "Digital Approaches in Orthodontics" is not merely a technological innovation, but also a transformative process that changes the fundamental dynamics of orthodontic practice. The greatest benefit of this transformation is that patients can benefit from more comfortable, aesthetic and faster treatment processes. For clinicians working in the field of orthodontics, digitalisation provides the opportunity to make more accurate diagnoses, create more reliable plans, and establish stronger communication with patients.

Therefore, the integration of digital technologies is not only a necessity today; it will also determine future orthodontic standards. A balanced blend of clinical experience and technological innovation will pave the way for a stronger orthodontic practice, both scientifically and clinically.

KAYNAKLAR

- Afrashtehfar, K. I., Alnakeb, N. A. & Assery, M. K. M. (2022). Accuracy of Intraoral Scanners Versus Traditional Impressions: A Rapid Umbrella Review. *J Evid Based Dent Pract*, 22(3), 101719.
- Al Turkestani, N., Bianchi, J., Deleat-Besson, R., Le, C., Tengfei, L., Prieto, J. C., Gurgel, M., Ruellas, A. C. O., Massaro, C., Aliaga Del Castillo, A., Evangelista, K., Yatabe, M., Benavides, E., Soki, F., Zhang, W., Najarian, K., Gryak, J., Styner, M., Fillion-Robin, J. C., Paniagua, B., Soroushmehr, R. & Cevdanes, L. H. S. (2021). Clinical decision support systems in orthodontics: A narrative review of data science approaches. *Orthod Craniofac Res*, 24 Suppl 2(Suppl 2), 26-36.
- AlMogbel, A. (2025). Patient Satisfaction with Clear Aligners vs. Traditional Braces: A Comparative Study. *J Pharm Bioallied Sci*, 17(Suppl 2), S1291-s1293.
- Burzynski, J. A., Firestone, A. R., Beck, F. M., Fields, H. W., Jr. & Deguchi, T. (2018). Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 153(4), 534-541.
- Christopoulou, I., Kaklamanos, E. G., Makrygiannakis, M. A., Bitsanis, I., Perlea, P., & Tsolakis, A. I. (2022). Intraoral Scanners in Orthodontics: A Critical Review. *Int J Environ Res Public Health*, 19(3).
- Cunha, T., Barbosa, I. D. S., & Palma, K. K. (2021). Orthodontic digital workflow: devices and clinical applications. *Dental Press J Orthod*, 26(6), e21spe26.

- Ergül, T., Güleç, A., & Göymen, M. (2023). The Use of 3D Printers in Orthodontics - A Narrative Review. *Turk J Orthod*, 36(2), 134-142.
- Ingle, N. A., Al-Hashimi, H., Alhammad, A. T., Aldajani, H. A., Alabsi, N. F., & Albuolayan, N. A. (2025). Impact of 3D Printing and CAD/CAM Technology on Orthodontic Treatment Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pharm Bioallied Sci*, 17(Suppl 1), S226-s228.
- Katib, H. S., Hakami, A. M., Albalawei, M., Alhajri, S. A., Alruwaily, M. S., Almusallam, M. I. & Alqahtani, G. H. (2024). Stability and Success of Clear Aligners in Orthodontics: A Narrative Review. *Cureus*, 16(1), e52038.
- Kau, C. H., Soh, J., Christou, T., & Mangal, A. (2023). Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina (Kaunas)*, 59(10).
- Liu, J., Zhang, C. & Shan, Z. (2023). Application of Artificial Intelligence in Orthodontics: Current State and Future Perspectives. *Healthcare (Basel)*, 11(20).
- Ma, S. & Wang, Y. (2023). Clinical outcomes of arch expansion with Invisalign: a systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1), 587.
- Mangano, A., Beretta, M., Luongo, G., Mangano, C. & Mangano, F. (2018). Conventional Vs Digital Impressions: Acceptability, Treatment Comfort and Stress Among Young Orthodontic Patients. *Open Dent J*, 12, 118-124.
- Mohammed Alassiry, A. (2023). Clinical aspects of digital three-dimensional intraoral scanning in orthodontics - A systematic review. *Saudi Dent J*, 35(5), 437-442.

- Olawade, D. B., Leena, N., Egbon, E., Rai, J., Mohammed, A., Oladapo, B. I. & Boussios, S. (2025). AI-Driven Advancements in Orthodontics for Precision and Patient Outcomes. *Dent J (Basel)*, 13(5).
- Pandey, R., Kamble, R. & Kanani, H. (2024). Revolutionizing Smiles: Advancing Orthodontics Through Digital Innovation. *Cureus*, 16(7), e64086.
- Papadimitriou, A., Mousouleas, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod*, 19(1), 37.
- Prakash, J., Shenoy, M., Alhasmi, A., Al Saleh, A. A., C, S. G., & Shivakumar, S. (2024). Biocompatibility of 3D-Printed Dental Resins: A Systematic Review. *Cureus*, 16(1), e51721.
- Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A. & Debernardi, C. L. (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod*, 85(5), 881-889.
- Shastry, S. & Park, J. H. (2014). Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *Angle Orthod*, 84(1), 62-67.
- Subramanian, A. K., Chen, Y., Almalki, A., Sivamurthy, G. & Kafle, D. (2022). Cephalometric Analysis in Orthodontics Using Artificial Intelligence-A Comprehensive Review. *Biomed Res Int*, 2022, 1880113.
- Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H., Lee, E. S. & Jiang, H. B. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021, 9950131.
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*, 62 Suppl 1, 58-62.

İNFRAZİGOMATİK KREST (IZC) VİDALARI: ANATOMİK TEMELLER, BİYOMEKANİK İLKELER VE KLİNİK UYGULAMALAR

Dilan BAYRAM³

1. GİRİŞ

Ankraj kontrolü ortodontik tedavilerde kritik öneme sahiptir. Yıllar boyunca kullanılan headgear ,intraoral elastik ya da Nance apareyi gibi yöntemler, ankraj ihtiyacını karşılamada önemli rol oynamış olsa da, hasta kooperasyonuna ihtiyaç duyması ve istenmeyen diş hareketlerine yol açabilmeleri nedeniyle kullanımı azalmıştır [1]. Son dönemlerde sıkça tercih edilen “geçici ankraj cihazları” (temporary anchorage devices, TADs) ortodontide tedavi planlamasına yeni bir boyut kazandırmış ve ankraj kontrolünde büyük kolaylık sağlamıştır.

TAD’ler içerisinde **infrazigomatik krest (IZK) vidaları**, hasta uyumuna ihtiyaç duymadan güvenilir ankraj sağlamaktadır [2]. Maksiller molar distalizasyonu, posterior segmentlerin intrüzyonu ve vertikal kontrol gerektiren durumlarda, maksiller posterior bölgenin yoğun kortikal yapısı sayesinde klinisyenlere güçlü primer stabilite sunar. Ayrıca, klasik mini vidalara kıyasla daha uzun ve kalın tasarlanmış olması; bu vidalara daha geniş hareket aralığı sağlar, yüksek kuvvetleri tolere etmesini kolaylaştırır. Günümüzde IZK vidaları, hasta uyumuna ihtiyaç duymadan güvenilir ankraj sağlamaları nedeniyle özellikle anterior retraksiyon veya iskeletsel open bite gibi zorlu vakalarda tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. Yapılan

³ Uzm. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Bölümü, dlnclktn@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0264-8284.

klirik çalışmalar, başarı oranlarının %85–95 arasında olduğunu ortaya koymakta ve konvansiyonel mini vidalara kıyasla stabilite açısından önemli bir üstünlük göstermektedir [3].

Son yıllarda estetik ve konfor avantajları nedeniyle şeffaf plak tedavilerinin yaygınlaşması, bu yöntemle sağlanacak diş hareketlerini kontrol edecek güvenilir ankraj gereksinimini de artırmıştır. İnfrazigomatik krest vidası, plakların ürettiği kuvvet vektörlerinin sapmasını önleyerek tedavi etkinliğini ve öngörülebilirliğini artırmaktadır. Ayrıca tedavi süresini kısaltmakta ve hastalara konforlu bir tedavi sağlamaktadır[4].

Sonuç olarak, infrazigomatik krest vidaları artık yalnızca yardımcı bir araç değil, ortodontik tedavi planlamasında biyomekanik stratejilerin merkezinde yer alan etkili bir çözüm olarak görülmektedir. Bu bölümde, IZK vidalarının anatomik özellikleri, yerleştirme teknikleri, biyomekanik işleyişi, klinik kullanım alanları ve karşılaşılabilecek komplikasyonlar ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2. BİYOMEKANİK UYGULAMALAR

2.1. Maksiller Molar ve Posterior Segment Distalizasyonu

IZC vidalarının en sık kullanıldığı alanlardan biri maksiller posterior dişlerin distalizasyonudur. Posterior segmenti distalize etmek, sınıf II maloklüzyonların çekimsiz tedavisinde kritik öneme sahiptir. Geleneksel distalizasyon apareylerinde (rneğin Pendulum, Distal Jet vb.) görülen ankraj kaybı ve anterior dişlerin proklinasyonu, IZC vidalarının kullanımıyla büyük oranda ortadan kaldırılmaktadır.

IZC vidalarının önerilen yerleşim yeri; 1. ve 2. molar dişler arasından, alveoler kretten yaklaşık 13–16 mm yukarıdır[5]. Bu konumdan uygulanan kuvvet hattı, maksiller

diş arkının merkezinden geçecek şekilde ayarlanırsa grup distalizasyonu elde edilir. Oğuz ve Özden[6] yaptıkları bir çalışmada, 3D sonlu eleman analizinde, IZC vidaları ile uygulanan 200 gramlık kuvvetin, tüm maksiller posterior dişleri kontrollü bir kök distalizasyonu yaparak hareket ettirdiğini göstermiştir. Ayrıca, bu sistemde oluşan tork momentlerinin dengeli dağıldığı ve oklüzal düzlemde istenmeyen rotasyonların azaldığı rapor edilmiştir.

2.2. Total Maksiller Ark Distalizasyonu

IZC vidaları sadece posterior segmentlerin değil, tüm maksiller arkın distalizasyonunda da güçlü bir ankraj sağlar. Bu yaklaşımda, kanin braketleri mezialine yerleştirilen power arm'lar aracılığıyla elastik zincir veya NiTi coil spring ile kuvvet aktarılır. Kuvvet hattı, maksiller arkın kütle merkezine yakın bir noktadan geçirilerek, grup halinde posterior translasyon elde edilir [7]. Bu teknik, özellikle sınıf II divizyon 2 olgularında dişlerin kök uçlarının kontrollü hareketi sayesinde oklüzal düzlem eğiminin dengelenmesine katkı sağlar. Ayrıca IZC vidaları bilateral kullanıldığında, molar segmentlerdeki dönme momentlerini azaltarak tedavi süresini kısaltır[8].

2.3. Posterior Dişlerin İntrüzyonu ve Açık Kapanış Tedavileri

IZC vidaları, posterior segmentlerin vertikal yönde kontrolü için de etkili bir ankraj sağlar. Açık kapanış tedavilerinde, posterior dişlerin intrüzyonu sayesinde mandibulanın saat yönü rotasyonu azaltılır ve ön bölge doğal olarak kapanış eğilimi gösterir. Bu biyomekanik avantaj, geleneksel anterior çekimli apareylere göre hem daha stabil hem de daha öngörülebilirdir. Çünkü kuvvet hattı doğrudan kemik destekli vidalardan geçer; bu sayede molarların istenmeyen distal tipping hareketleri önlenir [9].

2.4. Çekimli Vakalarda Anterior Segment Retraksiyonu

Çekimli olgularda, özellikle kanin ve keser dişlerin retraksiyonu sırasında IZC vidaları anterior-posterior yönlü kuvvetlerin aktarımında kullanılır. Klasik mini vidalara kıyasla, IZC vidalarının kuvvet hattı diş köklerinden daha yukarıda ve posteriora yerleştiği için, retraksiyon sırasında anterior segmentte daha az rotasyon ve daha fazla translasyon elde edilir. Yapılan bir çalışmada [10] uygulanan kuvvetlerin kök apeksinde minimal stres oluşturduğu ve anterior dişlerin tork kontrolünün daha etkin olduğu gösterilmiştir. Özellikle kalın kortikal yapıya sahip bireylerde bu sistem, keser proklinasyonunu önlemede oldukça etkilidir.

2.5. Asimetrik Mekanikler ve Orta Hat Düzeltmeleri

Tek taraflı IZC uygulamaları, özellikle asimetrik sınıf II veya orta hat sapması bulunan olgularda tercih edilir. Tek taraflı ankraj, diş hareketlerinin yönünü kontrol etmeye ve oklüzal düzlem eğimini düzeltmeye yardımcı olur. Bu yaklaşım, kuvvet hattının sağ-sol dengesini ayarlamak için konvansiyonel elastik sistemlerle birlikte kullanılabilir.

2.6. Maksiller Arkın Yüksek Düzeyde Stabilizasyonu

Bazı durumlarda IZC vidaları, sadece diş hareketi için değil, segmental ankraj sağlamak amacıyla da kullanılır. Özellikle cerrahi ortodontik planlamalarda veya mini-implant destekli protraksiyonlarda, bu vidalar maksiller segmenti sabitlemek için kullanılır. Bu sayede maksiller segmentin sagittal düzlemde istenmeyen öne veya aşağı yönde hareketi engellenir.

3. ANATOMİK VE RADYOLOJİK PARAMETRELER

3.1. Kemik Kalınlığı ve Yapısal Parametreler

İnfrazigomatik krest (IZK), maksillanın lateral yüzünde, zigomatik prosesin altında yer alan belirgin bir kemik çıkıntısıdır. Ortalama olarak birinci ve ikinci molar dişler arasında, alveoler kretin yaklaşık 13–16 mm üzerinde konumlanır. Ortalama kortikal kalınlık 2–4 mm arasında değişmekte olup, bu değer maksillanın alveoler bölgesine kıyasla daha yüksektir[11, 12]. Histolojik açıdan IZK bölgesi, yoğun kortikal tabakanın altında iyi organize olmuş trabeküler yapıya sahiptir. Bu yapı, yerleştirilen vidaların hem kısa dönem primer stabilitesini hem de uzun dönem sekonder stabilitesini artırır⁹. Bu bölgedeki kemik yoğunluğu yüksek olduğundan, özellikle büyük kuvvetler gerektiren ortodontik hareketlerde güvenli bir destek noktası oluşturur.

Anatomik ilişkiler açısından IZK bölgesinin en kritik komşuluğu, maksiller sinüs tabanı ile olan yakınlığıdır. Vidaların uygun açılarda (55–70° eğimle) yerleştirilmesi sinüs penetrasyonu riskini azaltmaktadır[13]. Chang ve arkadaşları[11] tarafından yapılan bir çalışmada vidanın sinüse penetre olan kısmının uzunluğu ortalama 3,23 mm (sağ 3,63 mm, sol 2,63 mm) olduğunu, ancak hiçbir hastada olumsuz belirti veya semptom kaydedilmediğini bildirmiştir. Küçük çaplı (≤ 2 mm) sinüs perforasyonlarının yüksek iyileşme potansiyeline sahip olduğu ve bu tür penetrasyonların infrazigomatik minivida uygulamaları için kabul edilebilir bir komplikasyon olarak değerlendirildiği vurgulanmıştır [14]. Bununla birlikte, bölgedeki yumuşak doku kalınlığı da önemli bir faktördür. Ortalama 2–3 mm kalınlıktaki mukozal tabaka, vidanın boyun uzunluğunun seçiminde belirleyici rol oynar.

3.2. İdeal Yerleştirme Parametreleri

Yerleştirme öncesinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile bölgenin üç boyutlu analizi değerlendirilmelidir. Kemik kalınlığı, maksiller sinüsün köklerle ilişkisi değerlendirilmelidir. Yapılan bir CBCT çalışmada[5], infrazigomatik bölgede ortalama kemik kalınlığının 4,39–9,03 mm arasında değiştiği, ideal yerleştirme noktasının ise alveoler kretten yaklaşık 13–16 mm yukarıda olduğu bildirilmiştir. Kemik kalınlığı düşük olan olgularda, daha uzun veya kalın çaplı vida kullanmak primer stabiliteyi artırabilir. Bununla birlikte, maksiller sinüs tabanının çok yakın olduğu durumlarda açısı ayarlaması dikkatli yapılmalıdır.

İşlem genellikle lokal infiltratif anestezi altında yapılır. Yumuşak doku kalınlığının fazla olduğu bireylerde, steril bir bistüri ile minimal doku insizyonu yapılabilir. Ancak çoğu vakada flepsiz (transmukozal) yerleştirme yöntemi tercih edilir; bu, iyileşme süresini kısaltır ve hasta konforunu artırır. Yüzey antisepsisi için klorheksidin (%0.12) veya povidon iyot uygulanabilir.

Kullanılacak vida genellikle 1.8–2.0 mm çapında ve 10–14 mm uzunluğundadır. Self-drilling (kendinden delici) vidalar çoğu vakada tercih edilir, çünkü kortikal tabakada mikro çatlak riskini azaltır. Ancak çok yoğun kemik varlığında pilot delik (pre-drilling) açılması önerilir [9].

Maksillada kemik vidalarının yerleştirilmesi için önerilen bölge 1. ve 2. molar dişlerin arası hizasında, alveolar kretin 13–16 mm üzeridir[9]. Küçük ağız boşlukları, zor ulaşılabilirlik söz konusu olduğunda 1.molar dişin meziobukkal kökü hizası tercih edilebilir. Yeterli erişim, kolay ulaşılabilirlik mevcutsa 2. Molar meziobukkal kökü hizası; bölgede kortikal kemik kalınlığının daha fazla olması ve daha iyi primer stabilite sağlayabilmesi avantajlarıyla tercih edilmelidir[15]. Vida bukkal kortikal

kemiğe dik bir şekilde yerleştirilip saat yönünde drillenmelidir. Kortikal kemikte ilerlendikçe dişlerin bukkal yüzeyine paralelleştirilerek horizontal düzlemle 55-70° yapacak şekilde bitirilmelidir[16]. Bu açı, hem daha kalın kortikal bölgeye penetrasyonu sağlar hem de sinüs perforasyonu riskini azaltır.

Uygun primer stabilite sağlandıysa vidalar çoğu vakada hemen yüklenebilir. Elastik, NiTi coil spring veya power chain yardımıyla uygulanan kuvvet genellikle 150–250 gr arasında tutulur. Erken dönemde aşırı kuvvet uygulaması, vida gevşemesine yol açabileceğinden kontrollü aktivasyon tercih edilmelidir. Aktivasyon sonrasında hasta haftalık kontrolle izlenir; inflamasyon, yumuşak doku irritasyonu veya hareket gözlenirse, kuvvet azaltılır veya vida tekrar yerleştirilir.

3.3. Postoperatif Bakım

Hasta, ilk 24 saat içinde bölgeyi mekanik olarak travmatize etmemelidir. İlk hafta boyunca günlük *klorheksidin gargara* (%0.12) önerilir. Yumuşak gıdalar tercih edilmeli, bölgeye çiğneme, uyku gibi doğrudan lateral kuvvet oluşturacak durumlara dikkat edilmelidir. Enfeksiyon veya gevşeme bulgusu saptanırsa, vida çıkarılıp aynı seansta yeni bir pozisyonunda yerleştirilebilir.

3.4. İzlem ve Komplikasyon Yönetimi

İzlem sırasında vida çevresinde inflamasyon, yumuşak doku irritasyonu, vida mobilitesi sürekli değerlendirilmelidir. Vida gevşemesi yaygın komplikasyonlardan biridir; oral hijyen, vida yükü ve mikro hareketler etkilidir[17]. Eğer vida fazla derine yerleştirilirse sinüs membranı perforasyonu oluşabilir. Ancak birçok durumda bu durum klinik olarak tolere edilebilir; bununla birlikte takip ve gerektiğinde sinüs tedavisinin yapılması önemlidir[18]. Vida kırılması olasılığı için materyal kalitesi iyi seçilmiş olmalı; gevşemiş ya da kırılmış vida hemen çıkarılmalıdır.

4. AVANTAJLAR, SINIRLAMALAR, RİSK FAKTÖRLERİ

4.1. Avantajlar

Ekstra-alveolar yerleşim sayesinde kök teması riski düşüktür. Yüksek kortikal kemik desteği yüksek primer stabilite avantajı sunar. Tek veya az sayıda vida ile büyük hareketler yapılabilir. Hasta işbirliğine bağlı olmaması, diğer ankraj yöntemlerine göre büyük üstünlük sağlar.

4.2. Sınırlamalar ve Risk Faktörleri

Kemik kalınlığı azsa stabilite azalabilir. İdeal pozisyon belirlenemiyorsa vida başarısı düşer. Yumuşak doku irritasyonu, inflamasyon, vida gevşemesi, mobilite, planlama ve kuvvet hattı tasarımı hataları sebebiyle vida kaybı gerçekleşebilir. Sarkık sinüs vakaları İZC vidaları için uygun değildir[19]. Sinüs tabanı kalınlığı, güvenli yerleşim için 6 mm üzerinde olmalıdır. Sinüse 3 mm altında yapılan penetrasyonlar kendiliğinden iyileşir. Primer stabiliteyi sağlamak için 1 mm sinüs penetrasyonu ve bikortikal yerleşim önerilmektedir. 3 mm üzerindeki penetrasyonlar Scheniderian membranın kalınlaşmasına ve sinüzite yol açarak başarısızlığa sebep olur [20].

4.3. Gelecek Araştırma ve Gelişim Yönleri

Güncel literatürde IZC vida başarısızlığına ilgili sınırlı veri vardır. Daha fazla prospektif klinik çalışma gereklidir. Yüzey modifikasyonları, titanyum alaşımlarının optimizasyonunun vida stabilitesine etkisi araştırılmalıdır. 3D baskı yönlendirmeli cerrahi rehber sistemlerin kullanımının vida başarısındaki rolü hakkında güncel yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Sonlu element analizleri ile farklı yük senaryolarının optimizasyonu araştırılmalıdır. Farklı yüz tiplerinde ve iskelet sınıflarında (özellikle high angle bireylerde) başarısı ve sınırlarının araştırılması İZC vidaları hakkında klinik uygulama açısından faydalı olacaktır.

İnfrazigomatik krest bölgesi, biyomekanik olarak avantajlı alanlardan biri haline gelmiştir. Maksillanın lateral duvarında, köklerden uzak ve yüksek kortikal kemik yoğunluğuna sahip olması sebebiyle; mini vida yerleşimi için hem stabilite hem de güvenlik açısından ideal ankraj desteği sağlar. IZC vidaları minimal invaziv bir teknikle uygulanabilir, hastanın kooperasyonuna gerek kalmadan geniş çaplı diş hareketlerine olanak tanır ve geleneksel ankraj sistemlerine göre daha öngörülebilir sonuçlar verir.

Klinik ve radyolojik çalışmalar, IZC vidalarının özellikle maksiller molar distalizasyonu, total ark hareketi ve vertikal kontrol gibi kompleks ortodontik uygulamalarda başarılı ve uzun dönem stabil sonuçlar sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, doğru anatomik lokalizasyonun belirlenmesi, uygun uzunluk ve açıda vida seçimi, yumuşak doku kalınlığının dikkate alınması ve cerrahi deneyim; başarıyı doğrudan etkileyen faktörlerdir.

Sonuç olarak, infrazigomatik krest bölgesi, modern ortodontide güvenli, etkili ve biyomekanik açıdan güçlü bir ekstra-alyveolar ankraj alternatifi olarak klinik uygulamalarda yerini sağlamlaştırmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Kuroda S., Sugawara Y., Deguchi T., Kyung H-M. & Takano-Yamamoto T. (2007). Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 131(1):9–15.
- [2] Lin JCY. (2003). Liou EJW. A new bone screw for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod JCO* 37(12):676–81.
- [3] Chang C., Liu SS. & Roberts WE. (2015). Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Angle Orthod*, 85(6):905–10.
- [4] Marinelli G., Inchingolo AM., Inchingolo AD., Ferrante L., Avantario P. & Campanelli M., et al. (2025). Temporary Anchorage Devices in Clear Aligner Therapy: A Systematic Review. *Bioengineering* 12(5):531.
- [5] Jitendra Sharan AB. (2023). Assessment of Bone Thickness at the Infra Zygomatic Crest Region for Various Orthodontic Miniscrew Implant (OMSI) Insertion Angles: A Cone-Beam Computed Tomographic Study. Doi: 10.4274/TurkJOrthod, 14.
- [6] Oğuz F. & Özden S. (2025). Finite element analysis of maxillary arch distalization using skeletal anchorage at three different application regions. *Sci Rep*, 15(1):24073.
- [7] Rosa WGN., de Almeida-Pedrin RR., Oltramari PVP., de Castro Conti ACF., Poleti TMFF., Shroff B., et al. (2023). Total arch maxillary distalization using infrazygomatic crest miniscrews in the treatment of Class II malocclusion: a prospective study. *Angle Orthod*, 93(1):41–8.

- [8] Alsaeedi AF., Alrubayee MA. & Sivamurthy G. (2025). Evaluation of Two Mini-implant Lengths in the Infrazygomatic Crest Region: A Randomized Clinical Trial. *Eur J Dent*, 19(02): 399–408. Doi: 10.1055/s-0044-1789015.
- [9] Lin J. & Roberts E. (2014). CBCT imaging to diagnose and correct the failure of maxillary arch retraction with IZC screw anchorage. *IJOI Internet*, 3: 4–17.
- [10] Panika A., Bhardwaj A., Raturi S., Bhatia V. & Batham PR. Stress evaluation during simultaneous intrusion and retraction of maxillary anteriors with mini-implants: A finite element analysis n.d.
- [11] Chang CH., Lin J-H. & Roberts WE. (2022). Success of infrazygomatic crest bone screws: patient age, insertion angle, sinus penetration, and terminal insertion torque. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 161(6):783–90.
- [12] Liou EJW., Chen P-H., Wang Y-C. & Lin JC-Y. (2007). A computed tomographic image study on the thickness of the infrazygomatic crest of the maxilla and its clinical implications for miniscrew insertion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 131(3) : 352–6. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.04.044.
- [13] Chang CCH., Lin JSY., Yeh HY. (2018). Extra-Alveolar Bone Screws for Conservative Correction of Severe Malocclusion Without Extractions or Orthognathic Surgery. *Curr Osteoporos Rep*, 16(4):387–94. doi:10.1007/s11914-018-0465-5.
- [14] Gill G., Shashidhar K., Kuttappa MN., Kushalappa P B D. & Sivamurthy G. (2023). Mallick S. Failure rates and factors associated with infrazygomatic crestal orthodontic implants - A prospective study. *J Oral Biol Craniofacial Res*, 13 (2) : 283–9. doi: 10.1016/j.jobcr.2023.02.010.

- [15] Lin J. & Roberts WE. (2017). Guided Infra-zygomatic screws: Reliable maxillary arch retraction. *Int J Orthod Implant*, 46:4–16.
- [16] Chang CH., Lin JS. & Roberts WE. (2019). Failure rates for stainless steel versus titanium alloy infrazygomatic crest bone screws: A single-center, randomized double-blind clinical trial. *Angle Orthod*, 89(1):40–6.
- [17] Pragya P., Riyaz K., Karande V., Chavan V., Shinde RK. & Medhi P., et al. (2025). Predictors of Infrazygomatic Crest Implant Failure: A Prospective Study on Risk Factors, Stability, and Clinical Outcomes in Orthodontic Anchorage. *Cureus*, 17(4).
- [18] Hijazi Muwaquet K., Muwaquet Rodriguez S., Ferrer Molina M. & Hijazi Alsadi T. (2025). Optimizing Infrazygomatic Miniscrew Insertion Parameters: Systematic Review and Meta-Regression Analysis of Bone Thickness by Insertion Height, Angulation, and Anatomical Position. *J Clin Med*, 14(11):4005.
- [19] Baumgaertel S. & Hans MG. (2008). Assessment of infrazygomatic bone depth for mini-screw insertion. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20(6):638–42. doi: 10.1111/j.1600-0501.2008.01691.x.
- [20] Jia X., Chen X. & Huang X. (2018). Influence of orthodontic mini-implant penetration of the maxillary sinus in the infrazygomatic crest region. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 153(5):656–61.

ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE KULLANILAN ATAŞMANLAR

Funda ERMİŞ KARA¹

Ebru KÜÇÜKKARACA²

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz yıllarda, özellikle yetişkin hastalar tarafından gelen “geleneksel sabit tedavilere estetik alternatif” talebi, araştırmaları daha rahat ve daha estetik apareylerin geliştirilmesine yöneltmiş ve şeffaf plakların geliştirilmesine yol açmıştır (McCance ve ark., 2010; Momtaz, 2016).

Şeffaf plaklar 1940’lı yıllarda ortaya çıkmıştır. 1944 yılında sabit mekanikler olmadan dişleri hareket ettirme fikri ilk olarak Dr. Harold Kesling tarafından ortaya atılmıştır. Kesling ‘positioner’ apareyini üreterek debonding sonrası kalan boşlukları kapatmayı hedeflemiştir. Tedavinin sonlarında hastalardan aldığı ölçülerden set-up yaparak küçük diş hareketlerini gerçekleştirebilmiştir. (Bollen ve ark., 2003).

Şeffaf plakların gelişim süreci, 1959 yılında Marshall ve Horvay tarafından geliştirilen “Vacuum Former” cihazının tanıtılmasıyla hız kazanmıştır. Bu teknolojinin kullanıma girmesi, termoplastik materyallerin dental alanda şekillendirilerek klinik uygulamalara dahil edilmesine olanak sağlamıştır. Ardından, 1960 yılında Nahoum, ısıyla şekillendirilen plastik materyalleri kullanarak diş pozisyonlarını

¹ Arş. Gör., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD. fundaermis97@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7106-4692.

² Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, ebrukucukkaraca@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6832-0567

değiştirmeye yönelik ilk şeffaf plak tasarımını yapmış ve bu sistemi hasta üzerinde uygulamıştır. Bu uygulama, literatürde ilk “aligner” kullanımına dair rapor olarak kabul edilmektedir (Nahoum, 1964).

Başlangıçta bu termoplastik, dişleri saran apareyler, yalnızca pekiştirme amacıyla kullanılmış olsa da, zamanla model üzerinde düzeltilmiş diş konumlarına göre yeniden şekillendirilerek aktif diş hareketi sağlayabilecek araçlara dönüştürülmüşlerdir. Bu gelişmeyle birlikte, özellikle hafif dereceli crowding (çapraşıklık) vakalarında ve ortodontik tedavi sonrası pekiştirme dönemine uyum sağlayamayan hastalarda meydana gelen nükslerin düzeltilmesinde kullanılmaya başlanılmışlardır (Proffit ve ark., 2007). Bu alandaki bir diğer önemli gelişme, Ponitz tarafından 1971 yılında gerçekleştirilmiştir. Ponitz, ideal diş dizilimine sahip bir model üzerine ısıyla şekillendirilen plastik materyali uygulayarak “invisible retainer” adını verdiği apareyi geliştirmiştir. Bu apareyin, sınırlı düzeyde diş hareketi sağlayabileceğini ileri sürmüştür (Ponitz, 1971). Benzer şekilde, McNamara ve çalışma arkadaşları da bu tür retainer sistemlerinin küçük ölçekli diş hareketleri elde etmede kullanılabildiğini belirtmişlerdir. Sheridan ve arkadaşları 1993 yılında interproksimal diş aşındırılması ve şeffaf essix plak aletlerini kullanarak aşamalı hizalamayı içeren bir sistem geliştirmişlerdir ve kullanıldığında dişlerde düzelme sağladıklarını göstermişlerdir. Bu sistemler Kesling’in tekniğine benzerdir fakat her diş hareketi için yeni bir set up gerektirdiğinden zaman alıcı ve laboratuvar aşamaları can sıkıcı olmuştur (Graber ve ark., 2011).

Termoplastik materyalin katı özellikte olması sayesinde tek bir şeffaf apareyle az miktarda diş hareketi sağlanabilmektedir. Aynı plakla daha fazla diş hareketi elde etmek istenirse yeni bir aligner yapmak ya da mevcut alignerin tekrar şekillendirilmesi gerekmektedir. Belirli bir sıcaklığa kadar

ısıtılan özel pensler yardımı ile plağın şeklini değiştirerek dişleri hareket ettirmek mümkündür. Bu işlem, yeni bir plak ile işlem yapılmasından daha az maliyetlidir. Penslerle yeniden şekillendirme işleminde termoplastik plaklar en fazla 3 mm civarında gerilime uğratılmalıdır; daha fazlası plağı kuvvet uygulayamayacak kadar inceltir. Bu da ısıtılmış penslerle aligner'ların yeniden şekillendirilmesinde az miktarda ve kontrolsüz diş hareketinin oluşmasına yol açar. Bu durum da ciddi maloklüzyonu olan hastalarda çözüm oluşturamadığı için dişleri kademeli olarak hareket ettiren aparey serilerinden oluşan sistemlere ihtiyaç duyulmasına yol açmaktadır (Proffit, 2007).

2. ŞEFFAF PLAK JENERASYONLARI

2.1. Birinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Bu sistem yalnızca dişleri hizalama işlemini kapsamaktadır. Bu jenerasyon ile üretilen plaklarda gerçekleşen diş hareketlerinin incelendiği çalışmalar sınırlıdır.

2.2. İkinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Diş hareketlerinin gerçekleşmesinde kompozit ataşmanlar kullanılmaya başlamıştır. Ataşmanlar diş hareketi ve çeneler arası elastik rondellerin kullanımına olanak sağlamıştır.

Kravitz ve ark. 37 hastada farklı diş hareketlerinin sağlanabilirliğini araştırmıştır. Genel diş hareketleri %41 oranında gerçekleşirken, ekstrüzyon hareketi %29,6 oranında gerçekleştirilmiştir. Bilgisayarda öngörülen sonuçlar ile gerçek klinik diş hareketleri arasında büyük fark görülmüştür. İkinci jenerasyon şeffaf plaklarda kullanılan ataşmanlar diş hareketlerinin sağlanabilirliğini iyileştirememiştir (Kravitz ve ark., 2009).

2.3. Üçüncü Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Şeffaf plak tedavisinde, kontrollü diş hareketleri elde edebilmek ve başarılı klinik sonuçlar sağlayabilmek amacıyla sistem üzerinde çeşitli geliştirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda, ekstrüzyon, rotasyon düzeltmeleri ve kök hareketlerinin etkin bir şekilde yönlendirilmesi için ataşmanlar kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde bu ataşmanlar, bilgisayar destekli tedavi planlama yazılımları aracılığıyla otomatik olarak planlanmakta ve diş yüzeylerine stratejik biçimde yerleştirilmektedir. Ayrıca, kök torkunun gerekli olduğu durumlarda, şeffaf plaklar üzerinde özel girinti yapıları oluşturularak ilgili kuvvetlerin yönlendirilmesi sağlanmaktadır (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

2.4. Dördüncü Jenerasyon Şeffaf Plaklar

2011 yılında birden fazla diş üzerinde geliştirilmiş, optimize edilmiş ekstrüzyon ataşmanları bulunan open bite vakalarında klinik uygulamaları kolaylaştırmak için G4 ataşmanları piyasaya sürülmüştür. Üst laterallerde ekstrüzyon hareketini rotasyon ve/veya kron tippingi ile birlikte arttırabilen yeni çok düzlemli hareket özellikleri mevcuttur. Optimize kök kontrol ataşmanları, kaninler ve santral keserlerde daha iyi mesiodistal kök kontrolü için ortaya konulmuştur (Align Technology, 2022). 2013'ten beri, EX30 yerini yeni multi-layer aromatik termoplastik poliüretan/co-polyester materyal olan SmartTrack™ (LD30)'e bırakmıştır. Bu yeni materyal daha yumuşak ve sürekli bir kuvvet sağlar, uzun dönem ve artmış adezyon gösterir bu da hastaların kullanımını kolaylaştırmaktadır. EX30'a göre, LD30 ortodontik kuvvetlerde çok daha büyük tutarlılık, daha fazla elastikiyet, kimyasal stabilite ve çok daha rahat bir uyum göstermektedir (Brascher ve ark., 2016; Liu ve ark., 2016).

2.5. Beşinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

2013 yılının sonlarında, beşinci jenerasyonun çıkarılması ile; üst ve alt anterior dişlerin lingual yüzeylerine basınç alanları, üst keserlerin lingual yüzeyine hassas ısırma rampaları, premolarlar üzerine eğimli kubbe şeklinde retansiyon ataşmanlarının yerleştirilmesi deep bite düzeltiminin geliştirilmesini sağlamıştır (Align Technology, 2022). Bununla birlikte, Blundell ve arkadaşları tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada, hassas ısırma rampalarının kullanımının SmartTrack™ malzemesinde EX30 malzemesine göre anlamlı olarak gelişmişlik gösterdiği söylenememektedir (Blundell ve ark., 2022).

2.6. Altıncı Jenerasyon Şeffaf Plaklar

2014 yılının sonlarında, altıncı jenerasyon ile, birinci premolar çekimli vakalarda yeni SmartStage™ teknolojisi ve SmartForce™ özellikleri geliştirilmiştir böylece çekimli tedavi planlanan maksimum ankraj vakaları için diş hareketlerinde vertikal kontrol ve kök paralelliği optimize edilmiştir (Align Technology, 2022).

2.7. Yedinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

Invisalign G7, özellikle genç hastalarda diş hareketinde daha fazla kontrol sağlamak ve iyileştirilmiş tedavi sonuçları elde etmek için tasarlanmış ve 2016 yılında piyasaya sürülmüştür. Özellikle daha iyi üst lateral kesici diş kontrolü sağlamak, kök kontrolünü geliştirmek ve posterior open bite'ın önlenmesinde etkili olmak için geliştirilmiştir (Align Technology, 2022).

2.8. Sekizinci Jenerasyon Şeffaf Plaklar

2020 yılının sonlarında, anterior intrüzyon için SmartForce™ aligner aktivasyonu ile deep-bite düzeltimi ve ClinCheck sanal tescilli yazılım kurulumundaki iyileştirmeler ile

Spee Eğrisi düzleştirilmesinin geliştirilmesi amacıyla sekizinci jenerasyon geliştirilmiştir. G8 aynı zamanda, posterior ark ekspansiyonu sırasında optimize ekspansiyon desteği ve rotasyon ataşmanları ile istenmeyen bukkal kron tippingi potansiyelini minimize eder (Moshiri ve ark., 2021; Align Technology, 2022).

Geleneksel ataşmanlar 3 tip bulunmaktadır; elipsoid, bevelled ve rectangular (Dasy ve ark., 2015).

Elipsoid ataşmanlar, yaklaşık 3 mm yüksekliğe, 2 mm genişliğe ve 0.75–1 mm kalınlığa sahip olup genellikle kesici, kanin ve premolar dişlerde uygulanmaktadır. Bu ataşmanlar tek başlarına kullanıldıklarında rotasyon düzeltmelerinde, çift olarak yerleştirildiklerinde ise kuvvet çifti oluşturarak kök hareketlerinin yönlendirilmesinde ve köklerin daha dik konumlandırılmasında etkili rol oynamaktadır.

Bevelled ataşmanlar, 3, 4 veya 5 mm genişliğe, 2 mm yüksekliğe ve 0.25–1.25 mm kalınlığa sahip olacak şekilde çeşitli boyutlarda tasarlanabilmektedir. Bu ataşman türü çoğunlukla ekstrüzyon hareketi için tercih edilir. Sabit ortodontik sistemlerdeki aktif köşe benzeri yapıları sayesinde, şeffaf plak ile diş arasında meydana gelebilecek istenmeyen kaymaları sınırlandırarak kuvvetin etkin şekilde iletilmesini sağlar.

Dikdörtgen (rectangular) ataşmanlar ise 3, 4 veya 5 mm yüksekliğe, 2 mm genişliğe ve 0.5–1 mm kalınlığa sahiptir. Bu ataşmanlar daha çok geniş mezio-distal yönlü diş hareketlerinin gerektiği durumlarda kullanılır. Paralel kuvvet uygulamaları sayesinde, uzun mesafeli boşlukların kapanmasında daha etkili oldukları ileri sürülmektedir.

Ataşmanlar dişlere yapıştırıldıklarında plak dişler üzerine tam uyumlu olmaz. Hasta plaklarını kullanırken, ataşmanlar plaktaki slotu tam olarak doldurana kadar aktiftir. Girintiler ise,

maksiller ve mandibular kesici dişler için lingual kök torku gerektiğinde plaklara yerleştirilir (Hennessy ve Al-Awadhi, 2016).

3. ŞEFFAF PLAKLARIN AVANTAJ, DEZAVANTAJLARI VE KULLANIM ALANLARI

3.1. Şeffaf Plakların Limitasyonları/ Kontrendikasyonları:

Şeffaf plaklar daha estetik, konforlu, peridontal dokular ve yumuşak dokular için ideal aygıtlardır. Sahip olduğu avantajlara rağmen bu plaklar ile yapılan ortodontik diş hareketlerini değerlendiren az sayıda araştırma bulunmaktadır. (Buschang ve ark., 2014).

Bazı olgularda, yalnızca şeffaf plaklarla tedavinin tamamlanamayacağı öngörüldüğünde, tedaviye belirli bir aşamaya kadar şeffaf plaklarla devam edilip, ardından konvansiyonel sabit apareylerle sürecin tamamlanması tercih edilebilmektedir (Joffe, 2003). Literatürde, şeffaf plaklarla yürütülen tedavilerin sabit ortodontik sistemler kadar etkili olmayabileceği yönünde görüşler bulunmaktadır. Örneğin, Djeu ve çalışma arkadaşları, Invisalign ile elde edilen tedavi sonuçlarını geleneksel sabit apareylerle karşılaştırmış ve bu sistemin anteroposterior ilişkilerin düzeltilmesinde ve etkin oklüzal temasların sağlanmasında yetersiz kaldığını bildirmiştir (Djeu ve ark., 2005).

- 5 mm'den fazla yer problemi (diastema ya da çapraşıklık)
- 2 mm'den fazla iskeletsel ön-arka yön uyumsuzlukları
- Şiddetli rotasyon

- Sentrik ilişki sentrik oklüzyon uyumsuzlukları
- Açık kapanış vakaları
- Kısa kron boylu dişler
- Oligodonti vakaları
- Eğimi 45°'den fazla olan dişler (Phan ve Ling, 2007)

3.2. Şeffaf Plakların Endikasyonları (Phan ve Lin, 2007)

- Derin kapanış (overbite) vakaları
- 1-5 mm arasındaki diastemalar
- Hafif ve orta derece çapraşıklık olan vakalar (1-5mm)
- Hafif diastema problemleri (1-5mm)
- Relaps vakaları
- Lateral veya anteroposterior yönde genişletme, interproksimal aşındırma ya da alt kesici çekimiyle yapılacak tedaviler
- Fazla sayıda dişte devrilme olmayan dişsel olarak genişletilebilecek dar arklar

3.3. Şeffaf Plakların Avantajları (Bouchez, 2011)

- Şeffaf oldukları için estetik görünümüne sahiptirler.
- Tedavi sırasında yeme içme veya önemli görüşmeler için plağı çıkartabilme imkanı sunmaktadır.
- Sabit ortodontik tedavilerin başlangıcındaki bonding ve tedavi sonrasındaki debonding işlemleri elimine edilmiştir.
- Randevuların daha kısadır.

- Hem hekim hem de hasta tarafından tedavi sonuçları, tedavi başında görülebilir ve değerlendirilebilmektedir.
- Ağız hijyeni sağlamak geleneksel ortodontik apareylerden oldukça kolaydır. Periodontal problemi olan hastalarda güvenle önerilebilmektedir.
- Ölçülere ve dokuların duyarlı bölgelerine oldukça uygun anatomik adaptasyon performansına sahiptirler.
- Tedavi sürecini kısaltmakta ve maloklüzyonların hızlı şekilde düzeltilmesine olanak sağlamaktadır.

3.4. Şeffaf Plakların Dezavantajları (Phan ve Lin, 2007)

- Kök paralelliği, rotasyon hareketi, uprighting ve ekstrüzyon gibi hareketlerin kontrolü sınırlıdır.
- Şeffaf plaklarla tedavide hareket türü daha çok devrilme şeklinde olmaktadır.
- Plaklar kuron hareketlerini rahatlıkla yapabilirken, kök hareketlerinde yeterli olmayabilmektedirler.
- Apareyin kalınlığından dolayı posterior bölgede intrüzyon olabileceği rapor edilmiştir.
- Yapıştırılan ataşmanlardan sınıf 2 veya sınıf 3 elastikler verilerek ancak 2 mm'lik bir değişim sağlanabilmektedir.
- Şeffaf plakların tümü aynı anda üretilerek hekime geldiği için tedavinin herhangi bir aşamasında değişimi ancak tekrar o aşamada ölçü alınmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu durum, hekim ve hastaya ekstra bir zaman, uğraş ve maliyete mal

olmaktadır. O yüzden başlangıçta çok iyi bir planlamanın yapılması gerekmektedir.

- Tedavi bitiminde relaps riskinin geleneksel tekniklerden çok daha fazla olduğu bulunmuştur.
- Ön vertikal açıklık ve derin kapanış vakalarında, önemli miktarda ekspansiyon gerektiren ve belirgin sagittal yön problemleri olan vakalarda ortognatik cerrahi ile birlikte tedavi planlanmalıdır.
- Şeffaf plakların çıkarılabilir olması her ne kadar hasta konforu açısından olumlu etkiler yaratsa da hasta kooperasyonunun olmadığı durumlarda dezavantaj haline gelmektedir.
- Aynı zamanda şeffaf plakların sık sık çıkarılması halinde plaklar deforme olabilmekte ve hastalar tarafından kaybedilebilmektedir.

4. ŞEFFAF PLAK APAREYLERİ İLE DİŞ HAREKETLERİ

Şeffaf plak tedavisinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi, doğru kuvvet sistemlerinin oluşturulması ve uygun ankraj stratejisinin belirlenmesi gibi temel ortodontik biyomekanik ilkelerin dikkate alınmasını gerektirir. Bu bağlamda, klinisyenin sabit apareyler ile şeffaf plak sistemleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları net bir biçimde kavraması, doğru tedavi yaklaşımının seçilmesinde kritik öneme sahiptir. Bazı maloklüzyon tiplerinde, şeffaf plaklar sabit sistemlere kıyasla daha etkili ve verimli bir tedavi alternatifi sunabilir.

Sabit ortodontik tedavilerde diş hareketi genellikle çekme kuvvetleri ile sağlanırken, şeffaf plak tedavisinde itme

kuvvetleri ön plandadır. Örneğin, diastema tedavisinde kullanılan elastik zincirler, gerildikten sonra eski boyutlarına dönmeye çalışırken iki dişi birbirine çeker ve aradaki boşluğu kapatır; bu durum, sabit sistemlerdeki çekme kuvvetine klasik bir örnektir. Buna karşılık, şeffaf plak sistemlerinde, dişlerin ağız içindeki konumları ile plak üzerinde hedeflenen konumları arasında küçük farklar yaratılarak, plak materyalinde bir deformasyon oluşturulur. Bu deformasyon, diş kontrollü bir itme kuvveti uygular. Ayrıca, plak ile birlikte kullanılan uyumlu ataşmanlar, plakların bu kuvveti etkin bir şekilde iletebilmesi için aktif ve düz yüzeyler sağlayarak diş hareketinin başarıyla gerçekleştirilmesine katkıda bulunur (Tai, 2008).

Brezniak (2008), şeffaf plaklarla sağlanan diş hareketlerini biyomekanik açıdan incelemiş ve hangi hareketlerin etkili bir şekilde elde edilebildiğini ya da edilemediğini açıklamıştır. Ona göre, şeffaf plakların elastik yapıları nedeniyle, ağıza yerleştirildiklerinde hareket ettirilmesi hedeflenen diş, plağı hafifçe yukarı doğru iter. Bu durum, başparmak ve işaret parmağı arasında sıkıştırılan bir karpuz çekirdeğinin fırlamasına benzetilmiş ve “karpuz çekirdeği etkisi” (Watermelon seed effect) olarak tanımlanmıştır. Bu etkinin sonucu olarak, plak diştten uzaklaştıktan sonra çiğneme kuvvetleriyle yeniden diş baskı yapmaya zorlanır ve bu durum, tedavi sonrası istenmeyen bir intrüzyon hareketine neden olabilir. Ayrıca, plağın yukarı doğru kayması, gingival bölgede diş yüzeyinden uzaklaşmasına yol açarak gövdesel (bodily) diş hareketinin elde edilmesini de zorlaştırabilir. Bu tür istenmeyen etkilerin önüne geçilmesi için, çalışma sonunda ataşman kullanımının önerildiği bildirilmiştir.

Ataşmanlar, plak ile diş arasındaki temas yüzeyini artırarak hem retansiyonu güçlendirir hem de hareketin daha kontrollü gerçekleşmesini sağlar.

Şeffaf plaklarla diş hareketi sağlamak amacıyla başlıca iki teknik kullanılmaktadır:

- 1- Termopliers yöntemi,
- 2- Mounding yöntemi.

Termopliers yöntemi, şeffaf aparey üzerinde ısı yardımıyla şekil değişikliği oluşturularak kuvvet yaratılmasını sağlar. Bu yöntem, oldukça kısa sürede uygulanabilir ve uzayın üç boyutunda diş hareketlerine olanak tanır. Ancak, istenen diş hareketlerine yönelik farklı şekillerde uçlara sahip çeşitli pens türlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Klinisyen, ısıtılmış pens ucu ile termoplastik materyalde istenilen deformasyonu oluşturur. Etkili bir kuvvet üretilebilmesi için pens ucunun yaklaşık 80–90 °C sıcaklığa ulaşması gerekir. Daha düşük sıcaklıkta materyal yalnızca sıkışır, yeterli kuvvet üretilmez; daha yüksek sıcaklık ise apareyin yanmasına neden olabilir. Uygulanan sıcaklık, "Hakko Dijital Termometre" gibi cihazlarla hassas şekilde ölçülebilir (Sandra & Tai, 2008).

Mounding yönteminde ise apareyde değişiklik yapılmamaktadır. Mounding, diş yüzeyine kompozit yerleştirilerek kuvvet oluşturma işlemidir. Kompozit kalınlığının yaklaşık 1 mm olması gerekmektedir. Bu kalınlık ise 'Boley Gauge' ile ölçülebilmektedir. Diş hareketlerinin etkin bir şekilde gerçekleşebilmesi için şeffaf plak tedavisinde, aparey içerisinde ya da dişler arasındaki bölgelerde yeterli boşluğun oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla iki temel yaklaşım uygulanmaktadır. İlk yöntem, plak üretimi sırasında hedeflenen dişin hareket yönünde yeterli hacim sağlamak adına aparey yüzeyinde kontrollü bir boşluk bırakılmasıdır (block-out tekniği). İkinci yöntem ise, dişler arasındaki kontakt noktalarında mine yüzeyinden minimal miktarda aşındırma yapılarak dental ark üzerinde fiziksel bir boşluk yaratılmasıdır; bu işlem interproksimal redüksiyon (IPR) olarak adlandırılmaktadır.

5. ŞEFFAF PLAK TEDAVİSİNDE ATAŞMANLAR

Şeffaf plak tedavisi, ortodontik hareketin etkinliğini artırmak için genellikle yardımcı (ataşmanlar, değiştirilmiş aligner geometrileri, arklar arası elastikler, vb.) kullanılmasını gerektirir (Rossini ve ark., 2017; Papadimitriou ve ark., 2018). Ataşmanlar şeffaf plakların biyomekaniğini geliştiren güç dönüştürücüleri olarak görünmektedir. Aslında, ataşmanlar diş yüzeyinde çıkıntı şeklinde polimerize olmuş kompozit materyallerdir, şeffaf plağın retansiyonunu arttırmak için ve daha önceden elde edilmesi kritik olarak kabul edilen ortodontik hareketlerin elde edilmesi için uygulanmaktadırlar. Belirli noktadaki uyumsuzluğun geliştirilmesi, temas alanının iyileştirilmesi ve daha iyi bir kuvvet sistemi uygulaması yoluyla bu hedeflere ulaşabilirler. Ataşmanlar belirli spesifik görevler ve/veya spesifik dental hareketler için farklı şekillere ve tasarımlara sahip olabilirler (Nucera ve ark., 2022). Dispozisyon, şekil, boyut ve ataşmanların sayısı arasındaki kombinasyonun ortodontik tedavinin etkinliğini büyük ölçüde etkileyebileceği gösterildi (Momtaz, 2016). Bu bağlamda, farklı ataşmanlar tarafından üretilen kuvvetler ve momentlerin daha iyi anlaşılması ve biyomekanik prensiplerin bilinmesi, uygun ataşmanların seçilmesi ve nihayetinde ortodontik tedavinin etkinliğini ve verimliliğini arttırmak için esastır (Simon ve ark., 2014).

5.1. Ekstrüzyon Hareketi İçin Ataşmanlar

Tüm dişlerin ark teliyle bağlanması ile sabit apareylerle nispeten kolay elde edilebilen bu hareket, şeffaf plaklar ile elde edilebilen en zor hareketlerden biridir (Vlaskalic ve Boyd, 2001). Tek diş ekstrüzyonu plak üzerinde açılan pencereler, bu alana yerleştirilen butonlar ve butonlara asılan elastikler sayesinde hareket mümkün kılınabilmektedir.

Ataşman şekli ve pozisyonunun maksiller keser dişlerin ekstrüzyon hareketi üzerine etkisini inceleyen çalışmada en

efektif ataşman dizaynını belirlemek için 3 model tasarlanmıştır: 1. Dikdörtgen, gingival yüzeyde 8 mm² ve frontal yüzde 3 mm kalınlığında, 2. 2×4×1 mm³ kuboid, kuboid yüzeyle 45°ilişkili 0,87×4 mm² alanında iki dikdörtgen düzlem, 3. Vestibular uzunluğu 3,32 mm, köşesiz ve daha az protrüziv frontal yüz ekstrüzyon için en iyi mekanik performansı gösteren 3. Ataşman tipidir (Costa ve ark., 2020).

Ataşmanların stres dağıtımı ve hareket etkisi üzerine etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada üst santral keserlerin ekstrüzyon hareketinde kullanılan ataşmanlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen ekstrüzyon hareketinin büyüklüğü sırasıyla: Horizontal dikdörtgen ataşman (0,037991 mm), Elipsoid ataşman (0,037606 mm), Dikdörtgen eğimli ataşman (0,000105 mm) olmuştur. Kompozit ataşman olmayan modelde ise küçük bir intrüzyon hareketi görülmüştür (0,000105 mm). Ataşmanlar arasındaki farklılıklar çok küçüktür ve klinik olarak anlamlı değildir. Stres paternleri de aynı şekilde benzer bulunmuştur (Laohachaiaroon ve ark., 2022).

Keser ekstrüzyonu incelenen bir başka çalışmada üst keserlerin bukkal ya da palatal yüzeyinde 3 mm horizontal dikdörtgen ataşman varlığı ve ek olarak kanin dişten 2. Molara kadar vertikal dikdörtgen ataşman bulunması keserlerin ekstrüzyonunda minimal şeffaf plak deformasyonu ile en etkili kuvvet sistemi olarak görünmektedir. Posterior dişlerde ataşman kullanılması daha iyi ankraj elde etmek için bir ihtiyaç olmuştur (Rossini ve ark., 2017).

5.2. İntrüzyon Hareketi İçin Ataşmanlar

Sabit ortodontik apareylerle uygulanan tedavilerde, anterior dişlerin intrüze edilmesi sırasında sıklıkla posterior dişlerde istenmeyen bir resiprokal ekstrüzyon meydana gelir. Bu tür yan etkileri sınırlamak amacıyla, özellikle üst çene arkında *oksipital headgear* gibi ekstraoral kuvvet uygulayan yardımcı

apareylerden yararlanılabilir. Öte yandan, şeffaf plaklarla yapılan tedavilerde ise hem anterior hem posterior diş segmentlerinde intrüzyon hareketi kontrollü ve başarılı bir şekilde elde edilebilmektedir. İlgili dişin hem labial hem de lingual yüzeylerine yerleştirilen ataşmanlar ile birlikte kullanılan elastik bileşenler, intrüzyon kuvvetlerinin yönlendirilmesini ve kontrolünü mümkün kılmaktadır.

Farklı ataşmanlara sahip 5 grup, ataşmansız 1 kontrol grubu ve çekimli-çekimsiz olmak üzere 2 grup bulunan hastalarda yapılan bir çalışmanın bulgularında: Ataşmanlı olan bütün gruplar kontrol grubuna göre çok daha fazla etki göstermiştir. En büyük etki gösteren grup ise; poliedric şekilli vestibular ataşman olmuştur (Garino ve ark., 2016).

Molar intrüzyon hareketi üzerine ataşman konumunun etkisinin incelendiği çalışmada 4 grup kullanılmıştır: Ataşmansız, bukkal ataşmanlı, palatal ataşmanlı, bukkal-palatal ataşmanlı. Molar intrüzyonunda ataşman varlığının mutlaka gerekli olduğu belirtilmiştir. Bukkal-palatal ataşman kombinasyonu bukkal ve palatal tippingi efektif bir şekilde önlemiştir. 2. Molar dişte ise ataşman pozisyonu ne olursa olsun mezyal tipping eğilimi kaçınılmaz olmuştur. Bu nedenle ikili ataşman tavsiye edilmektedir (Fan ve ark., 2022).

Maksillar 1. Molarlar ve santral keserler üzerinde yapılan çalışmada 1. Premolarların çekildiği vakalar Invisalign ile tedavi edilmiş ve tahmin edilen ile ulaşılan diş hareketleri karşılaştırılmıştır. Yaşları $19,4 \pm 6,3$ olan 30 hastada yapılan araştırmaya göre 1. Molarlar tahmin edilenden daha fazla intrüzyon hareketi göstermiştir. Optimize G6 ataşmanlarına sahip grup diğer gruplara (vertikal, horizontal ataşmanlar) göre çok daha fazla tahmin edilen ve ulaşılan diş hareketi farkını göstermiştir. Optimize G6 ataşmanın mesial tippinge direnç gösteren fonksiyonel yüzü bulunmaktadır (Dai ve ark., 2019).

5.3. Tipping Hareketi İçin Ataşmanlar

Sabit ortodontik sistemlerde tipping (devrilme) hareketi, ark telinin braket slotu ile kurduğu temas sayesinde elde edilir. Buna karşın, şeffaf plaklarla yapılan tedavilerde aynı hareket, dışın hareket yönünde oluşturulan block-out alanı ile birlikte, karşı yönde uygulanan Termopliers ya da Mounding yöntemleri aracılığıyla sağlanır. Kök pozisyonlarında değişiklik yapılması gerektiğinde ise, sabit apareylerde olduğu gibi ikinci düzlemde tel bükümleri yerine, şeffaf plak sistemlerinde özel olarak tasarlanmış kök kontrol ataşmanları kullanılmaktadır. Bu amaçla tasarlanan uzun, dikdörtgen formdaki vertikal ataşmanlar, köklerin istenen yönde hareketini yönlendirme ve denetleme konusunda etkili olmaktadır (Tai, 2008).

Yaşları 19,4+-6,3 olan 30 hastada (4E-26K) yapılan premolar çekimli vakalarda Invisalign ile tedavi gerçekleştirilmiştir. Maksillar birinci molarlar ve santral keserlerdeki tahmin edilen ve gerçekleşen diş hareketleri karşılaştırılmıştır. Maksiller birinci molar dişe yerleştirilen horizontal ataşmanlar (3 ya da 5 mm) ve optimize G6 ataşmanları, 3 mm olan vertikal dikdörtgen ataşmana göre çok daha iyi ankraj kontrolü sağlamıştır (Dai ve ark., 2019).

Ataşmanların alt keser tippingi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada 66 alt keserin 21 tanesinde vertikal ataşman kullanılırken 45 tanesinde ataşman kullanılmamıştır. Şeffaf plaklarla kök hareketi elde etmek mümkün olsa da elde edilen kök hareketi miktarı tahmin edilenden çok daha az olmuştur. Geniş aralıkta bir kök hareketi planlandığında vertikal ataşmanlar önerilmektedir. Ataşmanlar sayesinde kök apeksinin hareket olasılığı arttırılmaktadır (Smith ve ark., 2022).

5.4. Paralel Hareket İçin Ataşmanlar

Şeffaf plaklar ile iki nokta ve gingival bölgeden kuvvet uygulandığında paralel hareket elde edilebilmektedir. Örneğin,

diş distale hareket ettirilmek isteniyorsa distal bölgede block out yapılır, kuvvet mezial ve gingivalden uygulanır.

32,9 yaş ortalaması olan 30 hastada (11 E- 19 K) yapılan çalışmada 3 konfigürasyon bulunmaktadır: Ataşman ya da power-ridge bulunan keserler, Ataşmanlı ya da ataşmansız premolarlar, Ataşmanlı ya da ataşmansız molarlar. Ataşman kullanımına bakılmaksızın molar distalizasyonu diğer hareketlere göre daha efektif gerçekleşmiştir (ataşmanlı grup için ortalama %88,4 ve ataşmansız grup için %86,9 doğruluk) (Simon ve ark., 2014).

Yaşları 19,4+-6,3 olan 30 hastada (4E-26K) yapılan premolar çekimli vakalarda Invisalign ile tedavi gerçekleştirilmiştir. Maksillar birinci molarlar ve santral keserlerdeki tahmin edilen ve gerçekleşen diş hareketleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada öne çıkarılan bilgiye göre 3 mm'lik vertikal dikdörtgen ataşman kullanılmasıyla posterior ankraj kaybı gerçekleşmesi en kötü klinik sonucu vermiştir. Diğer yandan G6 optimize ataşman ve horizontal dikdörtgen ataşmanlar mezial tippinge karşı koymada daha efektif bulunmuştur (Dai ve ark., 2019).

30 hasta bulunan (11E, 19K) yaşları 19-72 arasında olan çalışmada 60 diş hareketi incelenmiştir. 3 grup ile yapılan çalışmanın 3. Grubunda molar distalizasyonunda molar dişin paralel hareketi incelenmiştir. 3. Grup da 2 gruptan oluşmaktadır, bunlar: 1. Horizontal eğimli gingival ataşman, 2. Ataşman bulunmayan gruptur. Ataşman kullanımına bakılmaksızın efektif bir hareket elde edilmiştir. Bu çalışma molar distalizasyonu gibi paralel hareketlerin invisalign sistemi ile mümkün olduğunu göstermiştir (Simon ve ark., 2014).

Santral keserler arasında 0.2 mm diestema bulunan modelde yapılan çalışmada sağ ve sol santral keserlerin 0.1 mm'lik hareketi planlanmıştır ve hareketin paralel hareket

olması hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada; Aligner ilk yerleştirildiğinde ataşmandan bağımsız olarak keser dişte tipping ve rotasyon hareketi görülmüştür. Yeterli süre geçtikten sonra (N=500) ise; Ataşman bulunan dişte uprighing ve paralel hareket görülürken, Ataşmansız dişte tipping hareketi görülmüştür (Yokoi ve ark., 2019).

5.5. Tork Hareketi İçin Ataşmanlar

Tork hareketinin değeri, sabit ortodontik sistemlerde doğrudan braket slotunun tasarımı ile belirlenmektedir. Bu hareketin etkinliği; kullanılan ark telinin kalınlığı, telin slot içerisindeki konumlanması ve yerleştirilen tork derecesine bağlıdır. Farklı braket sistemleri için önerilen tork değerleri değişkenlik gösterebilmektedir. Şeffaf plaklarla tork kontrolü sağlamak, sabit aparey sistemlerine kıyasla daha zordur. Nitekim kesici dişlerde tork kontrolünü inceleyen bir çalışmada bu hareketin başarı oranı %42 olarak bildirilmiştir (Graber ve ark., 2000). Bununla birlikte, şeffaf plaklar genellikle aşırı tork gerektirmeyen durumlarda daha etkili bir kontrol sunmaktadır. Örneğin, çekim yapılmadan tedavi edilen hafif kesici diş protrüzyonları, alt kesici diş çekimli vakalarda maksiller kesici dişlerin tork yönetimi ve kesici dişlerin mandibuler düzlemle olan açısının düzenlenmesi gereken olgularda şeffaf plaklar uygun bir alternatif olabilir (Tai, 2008).

Tork hareketi oluşturulabilmesi için, diş üzerinde bir kuvvet çifti uygulanmalıdır. Eğer kuron linguale, kök ise labiale doğru hareket ettirilmek isteniyorsa; kuronun labial insizal üçlüsüne, kökün ise labial gingival üçlüsüne kuvvet uygulanmalıdır. Ayrıca bu tür bir harekete olanak sağlamak için, dişin hem kuron hem de kök hareketi beklenen bölgelerine block-out işlemi uygulanması gereklidir (Graber ve ark., 2000).

32,9 yaş ortalaması olan 30 hastada (11 E- 19 K) yapılan çalışmada 3 konfigürasyon bulunmaktadır: Ataşman ya da

power-ridge bulunan keserler, Ataşmanlı ya da ataşmansız premolarlar, Ataşmanlı ya da ataşmansız molarlar. Keser torkunda en iyi sonucu horizontal ellipsoid ataşman ile birlikte power-ridge bulunan üst santral keserler vermiştir (Simon ve ark., 2014).

Çekimli vakalarda şeffaf plak tedavisi yapılan hastalarda bakılan üst keser dişlerin tork hareketinde power ridge yüksekliği arttıkça, üst santral keser dişin sagittal yöndeki rotasyon açısı azalmıştır ve rotasyon merkezinin yeri değişmiştir; önce apikal yönde olup daha sonra kron yönünde değişmiştir. Power ridge uzunluğu arttıkça üst santral keser kökü, periodontal ligamentleri ve alveolar kemikteki von-Mises stresleri küçük değişiklik göstermiştir. Üst santral keserin axial inklınasyonu normal iken ($U1-SN=105^\circ$) 0,7 mm uzunluğundaki power ridge ile hareket eğilimi translasyona yakın olmuştur. Üst santral keserin axial inklınasyonu fazla iken ($U1-SN=110^\circ$), 0,4 mm uzunluğundaki power ridge ile anterior segmentin retraksiyonunun tamamlanmasıyla üst santral keser inklınasyonu normale düşürülmüştür (Cheng ve ark., 2022).

5.6. Rotasyon Düzeltimi İçin Ataşmanlar

Şeffaf plaklarla rotasyon hareketi planlanırken bazı biyomekanik sınırlamalarla karşılaşılabilir. Bu sistemler, plastik materyalin elastik deformasyon gücünden faydalanarak diş hareketi oluşturur; materyal üretim sırasında belirlenen formuna dönmeye çalışırken dişi de hedef pozisyona yönlendirir. Ancak rotasyon gibi daha geniş açılı hareketlerde, plak materyali yeterince deformasyona uğrayamadığı için yeterli kuvvet oluşturamaz. Ayrıca, diş kökleri silindirik olmadığından, kök morfolojisindeki varyasyonlar (örneğin dilaserasyon ya da düzensiz yüzey şekilleri) dijital simülasyonlarda hatalı rotasyon tahminlerine neden olabilir. Genellikle, bir rotasyon hareketinin yalnızca kuronla sınırlı olmadığı, aynı zamanda kökün de

birlikte hareket etmesinin gerekli olduğu kabul edilir. Bu nedenle dişin gerçek hareket paterni önceden öngörülemez. Ayrıca şeffaf plak materyali zaman zaman hedeflenen yüzey yerine farklı bir bölgeye temas ederek ya hareketin oluşmamasına ya da istenmeyen bir hareketin ortaya çıkmasına yol açabilir. Ataşmanların bu tür problemleri minimize edebileceği ve rotasyon kontrolünü iyileştirebileceği düşünülmektedir (Graber ve ark., 2011).

Yaş ortalaması 32.9 olan 30 hastada (11E-19K) yapılan çalışmada 3 konfigürasyon bulunmaktadır (Simon ve ark., 2014). Bunlar; 1. Ataşmanlara ya da power-ridge'e sahip keserler, 2. Ataşmanlı ya da ataşmansız premolar dişler, 3. Ataşmanlı ya da ataşmansız molar dişler. Analiz edilen gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. 15°'den büyük rotasyonlar için ve her aligner'da 1,5°'den büyük hareketlerde tahmin edilenden daha az etki görülmüştür.

Kanın rotasyonunda ataşmanların ya da IPR'in etkisinin incelendiği ve öngörülen ile ulaşılan sonuçlar karşılaştırıldığı çalışmada 3 konfigürasyon bulunmaktadır (Kravitz ve ark., 2009). Bunlar; 1. Sadece ataşmanlı grup, 2. Sadece interproksimal reduksiyon yapılan grup, 3. Ataşman bulunmayan grup. Ataşmanlı ya da ataşmansız gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. İnterproksimal reduksiyon yapılan grup daha iyi performans göstermiştir çünkü hareket için alan yaratılmasına izin verilmiştir.

Farklı ataşman konfigürasyonları arasında karşılaştırma yapılan çalışmada 6 konfigürasyon bulunmaktadır (Garino ve ark., 2016), bunlar; farklı ataşmanlara sahip 5 grup ve kontrol grubudur (ataşmansız). "Reboot" gerektiren veya gerektirmeyen gruplar arasında çelişkili sonuçlar bulunmuştur. Non-rebooted hastalarda; ataşmansız grubun, vestibular ataşmana sahip gruba göre daha yüksek rotasyon hareketi gösterdiği bulunmuştur.

Diğer taraftan Rebooted hastalarda ise; ataşmana sahip grup, hem vestibular hem lingual ataşman bulunan grup hariç ataşmansız gruba göre daha efektif bulunmuştur. Aynı zamanda daha keskin kenarlara sahip daha büyük ataşmanların daha etkili olduğu söylenmektedir.

5.7. Distalizasyon İçin Ataşmanlar

Şeffaf plak tedavilerinde ankraj kontrolü yüksek düzeyde sağlanabilmektedir, çünkü hareket ettirilmesi planlanan dişler, tedavinin farklı aşamalarında seçici olarak sabitlenebilmekte veya aktif hale getirilebilmektedir. Örneğin, üst çene arkında sıralı distalizasyon uygulanacak bir planda, tedavinin başlangıcında yalnızca ikinci molar dişlerin distalizasyonu hedeflenir. Bu süreçte sağ birinci molardan sol birinci molara kadar olan dişler pasif durumda bırakılarak hareket etmezler ve ikinci molarların distal yönlü ilerleyebilmesi için aktif ankraj görevini üstlenirler (Sandra & Tai, 2008).

G6 birinci premolar çekim protokolü (Align Technology, 2022) de bu prensibi kullanarak maksimum ankraj sağlama stratejisini benimsemektedir. Bu protokolde, tedavinin erken aşamalarında yalnızca kanin ve posterior dişler hareket ettirilir; buna karşılık kesici dişler sabitlenir. Böylece anterior diş grubu, çekim boşluğuna kaninlerin distalizasyonuna olanak tanıyan bir ön ankraj ünitesi olarak görev yapar. Tedavi ilerledikçe, bir sonraki aşamada kanin ve kesici dişlerin retraksiyonu sırasında bu kez premolar ve molar dişler sabitlenerek posterior ankraj ünitesi olarak kullanılır (Sandra & Tai, 2018). Bu kontrollü aşamalama sayesinde, şeffaf plak sistemlerinde ankraj yönetimi etkili bir şekilde sağlanabilmektedir.

Üst molar distalizasyonunda ataşman sayısının etkisinin araştırıldığı çalışmada Sınıf II maloklüzyona sahip 30 hastada (12E-18K) 3 konfigürasyon bulunmaktadır: Grup C1-her kuadranda 5 ataşman, Grup C2- her kuadranda 3 ataşman, Grup

C-Kontrol grubu. Buna göre ataşman sayısının önemli bir rol oynadığı görülmüştür. C1 grubunda 1. Molar distalizasyonu ve santral keser retraksiyonu diğer gruplara göre daha fazla bulunmuştur. 2. Molar distalizasyonunda ise gruplar arasında ataşmanların etkililiği açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (Garino ve ark., 2016).

Molar distalizasyonu hareketine ataşman şeklinin etkisinin incelendiği çalışmada 3 konfigürasyon bulunmaktadır (Ayıdağa ve Kamiloğlu, 2021). Bunlar; 1. Ataşman bulunmayan grup, 2. Maksillar 1. Molar dişin bukkal yüzeyine yerleştirilmiş vertikal dikdörtgen ataşman, 3. Maksillar 1. Molar dişin bukkal yüzeyine yerleştirilmiş guideline ataşman. Periodontal ligament ve kemik üzerindeki etkiyi belirlemek için tüm modeller kullanılmıştır. Ataşman bulunmayan grupta istenen translasyon hareketi en düşük düzeyde, istenmeyen distal tipping hareketi ise en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Vertikal dikdörtgen ataşmana sahip grupta daha az tipping ve daha az distal rotasyon görülmüştür. Guideline ataşman bulunan grupta da benzer sonuçlar elde edilmiş olup istenmeyen tipping ya da rotasyon hareketi en az düzeyde olmuştur.

Kanin distalizasyonu sırasında ataşman varlığının stres dağılımı üzerine etkisinin incelendiği çalışmada 2 grup bulunmaktadır (Gomez ve ark., 2015). Bunlar; 1. Ataşman bulunmayan grup, 2. Optimize edilmiş 2 elipsoid optimize ataşman bulunan grup. Ataşman bulunan grupta görülen diş hareketi translasyon hareketine eşit düzeyde gerçekleşmiştir. Ataşman bulunmayan grupta görülen diş hareketi ise kontrolsüz tipping hareketine karşılıktır ve kökte neredeyse hiç reaksiyon oluşmamıştır.

5.8. Ekspansiyon İçin Ataşmanlar

Invisalign G8 posterior ark ekspansiyonunu sağlayabilmek için 4 geliştirme içerir:

1. Dengeli posterior ekspansiyon kuvvetleri
2. Bukkal kök torkunun ataşman ile otomatik olarak diş yüzeyine yerleştirilmesi
3. Premolarlar ve birinci molarlarda optimize destek ataşmanları
4. Diş aktivasyon hiyerarşisinde genişletmenin önceliklendirilmesi

Posterior ark ekspansiyonu amacıyla farklı ekspansiyon miktarları için dişlere yeterli ve optimal kuvvetler verilmesi her bir diş için kalibre edilmiştir. Geleneksel olarak Invisalign ile yapılan kontrolsüz posterior ark ekspansiyonu premolar ve molarların istenmeyen kron tippingine neden olmaktadır. Bu da palatal kasların ekstrüzyonu ve posterior open bite oluşması ile sonuçlanmaktadır. Dental ekspansiyon sırasında kron tippingini minimize etmek için G8 otomatik olarak premolar ve molar dişlere bukkal kök torku uygulamaktadır, dişlere G8 optimize ekspansiyon destek ataşmanları eklenmektedir. Bu ataşmanlar; horizontal kubbe-şekilli, G5 ataşmanların bir modifikasyonudur. G8 ataşmanları rotasyonal versiyona da sahiptir. Hem rotasyon hem ekspansiyon gereken premolar ve molar dişlerde ClinCheck üzerinde manuel ekleme yapmaya gerek kalmamaktadır (Moshiri ve ark., 2021).

KAYNAKLAR

- Align Technology: <https://investor.aligntech.com/news-releases/news-release-details> (Accessed 26 August 2022).
- Ayidağa, C., & Kamiloğlu, B. (2021). Effects of variable composite attachment shapes in controlling upper molar distalization with aligners: A nonlinear finite element study. *J Health Eng.*, 2021, 5557483.
- Blundell, S. W., Hodge, T. M., & O'Brien, K. D. (2022). Evaluating the effectiveness of Invisalign. *Journal of Orthodontics*, 49(1), 54–61.
- Bollen, A. M., Huang, G., King, G., Hujoel, P., & Ma, T. (2003). Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances, Part 1: Ability to complete treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(5), 496–501.
- Brascher, A., Zuran, D., Feldmann, R. E., & Lapatki, B. G. (2016). Precision of Invisalign aligners generated by 3D printing. *The Angle Orthodontist*, 86(4), 642–649.
- Brezniak, N., Wasserstein, A., Shizgal, D., & Rakocz, M. (2008). Clear aligners as a treatment modality. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(2), 248–253.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.04.033>
- Bouchez, R. (2011). Clinical success in Invisalign orthodontic treatment. Quintessence Publishing, 14–25.
- Buschang, P. H., Ross, M. & Shaw, S. G. (2014). Is there a difference between traditional and Invisalign treatment?, *Seminars in Orthodontics*, 20(4), 276–281.

- Cheng, Y., Gao, J., Fang, S., Wang, W., Ma, Y. & Jin, Z. (2022). Torque movement of the upper anterior teeth using a clear aligner in cases of extraction: A finite element study. *Prog Orthod.*, 23(1), 26.
- Costa, R., Calheiros, F. C., Ballester, R. Y., & Gonçalves, F. (2020). Effect of three different attachment designs in the extrusive forces generated by thermoplastic aligners in the maxillary central incisor. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(5), 46–53. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.5.046-053.oar>
- Dai, F., Xu, T. & Shu, G. (2019). Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod.*, 89, 679–687.
- Dasy, H., Dasy, A., & Asatryan, G. (2015). The precision of Invisalign attachments. *The Angle Orthodontist*, 85(5), 826–833.
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L. & Paquette, D. E. (2011). Clear aligner treatment. In *Current principles and technique* (pp. 639–688).
- Fan, D., Liu, H., Yuan, C.-Y., Wang, S.-Y. & Wang, P.-L. (2022). Effectiveness of the attachment position in molar intrusion with clear aligners: A finite element study. *BMC Oral Health*, 22, 474.
- Furkan Anıl Aksoy. (2020). Şeffaf plaklar ile çekimli ortodontik tedavi [Bitirme Tezi], İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Garino, F., Castroflorio, T., Daher, S., Ravera, S., Rossini, G., Cugliari, G. & Deregibus, A. (2016). Effectiveness of composite attachments in controlling upper-molar movement with aligners. *J. Clin. Orthod.*, 50(6), 341–347.

- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L. & Paquette, D. E. (2011). Clear aligner treatment. In *Orthodontics: Current principles and techniques* (pp. 639–688). Elsevier.
- Graber, T., Vanarsdall, R. & Vig, K. (2000). *Orthodontics: Current principles and techniques*. Chapter 28.
- Gomez, J. P., Pena, F. M., Martinez, V., Giraldo, D. C. & Cardona, C. I. (2015). Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod*, 85(3), 454–460.
- Gülşen, B. (2022). Ortodontide şeffaf plakların kullanımı. [Bitirme Tezi], İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
- Hennessey, J. & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear aligners generations and acceptance. *British Dental Journal*, 221(10), 583–586.
- Invisalign. (2013). Invisalign Clinical Review. Align Technology Inc.
- Joffe, L. (2003). Invisalign: Early experiences. *Journal of Orthodontics*, 30(4), 348–352.
- Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(1), 27–35.
- Laohachaiaroon, P., Samruajbenjakun, B., & Chaichanasiri, E. (2022). Initial displacement and stress distribution of upper central incisor extrusion with clear aligners and various shapes of composite attachments using the finite element method. *Dent. J.*, 10, 114.

- Liu, Y., Sun, J., & Dong, Y. (2016). The effect of clear aligners on root resorption: A meta-analysis. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 19(4), 127–133.
- McCance, A., Giovannoni, R., Maspero, C., Periti, G., Toma, L., & Farronato, G. (2010). Un approccio estetico alla gestione del paziente ortodontico: Il sistema Clearstep. *Mondo Ortod*, 35, 77–86.
- Momtaz, P. (2016). The effect of attachment placement and location on rotational control of conical teeth using clear aligner therapy [Master's Thesis]. University of Nevada, Las Vegas, NV, USA.
- Moshiri, M., Araújo, E. A., & McCray, J. F. (2021). Invisalign treatment protocols. In *Current Concepts in Orthodontics* (pp. 99–118). Springer.
- Moya, S. P., & Zafra, J. L. (2021). ClinCheck software. In *Aligner Techniques in Orthodontics* (pp. 65–82). Wiley & Sons.
- Nahoum, H. I. (1964). The vacuum formed dental contour appliance. *New York State Dental Journal*, 9, 385–390.
- Nucera, R., Dolci, C., Bellocchio, A. M., Costa, S., Barbera, S., Rustico, L., et al. (2022). Effects of composite attachments on orthodontic clear aligners therapy: A systematic review. *Materials*, 15, 533.
- Papadimitriou, A., Mousouleas, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign orthodontic treatment: A systematic review. *Prog. Orthod.*, 19, 1–24.
- Phan, X., & Ling, P. H. (2007). Clinical limitations of Invisalign. **J Can Dent Assoc.*, 73(3), 263–266.
- Ponitz, R. J. (1971). Invisible retainers. *American Journal of Orthodontics*, 59(3), 66–72.

- Proffit, W. R., Fields, H. W. Jr., & Sarver, D. M. (2007). Contemporary Orthodontics (4th ed.). Mosby.
- Rossini, G., Parrini, S., Deregibus, A., & Castroflorio, T. (2017). Controlling orthodontic tooth movement with clear aligners—An updated systematic review. *J. Aligner Orthod.*, 1, 7–20.
- Sandra, T. (2008). Clear Aligner Technique. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co.
- Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. & Bourauel, C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—Regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*, 14, 68.
- Slater, R. D. (2013). Speech and discomfort during lingual orthodontic treatment. *J Orthod.*, 40(Suppl 1), 34–37.
- Smith, J. M., Weir, T., Kaang, A. & Farella, M. (2022). Predictability of lower incisor tip using clear aligner therapy. *Prog. Orthod.*, 23, 37.
- Tai, S. (2008). Clear Aligner Technique. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co.
- Vlaskalic, V. & Boyd, R. (2001). Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign system. *Aust Orthod J.*, 17(1).
- Yokoi, Y., Arai, A., Kawamura, J., Uozumi, T., Usui, Y. & Okafuji, N. (2019). Effects of attachment of plastic aligner in closing of diastema of maxillary dentition by finite element method. *J Healthc Eng.*, 1075097.

ORTODONTİ DEĞERLENDİRMELERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com