فهرست

پیشگفتار ۷

فصل ۱: مقدمه‌ای بر الاینرهای شفاف ۹

فصل ۲: انواع حرکات دندانی در درمان با الاینرها ۱۵

فصل ۳: اتچمنت‌ها ۲۷

فصل ۴: اصول بیومکانیک در طراحی اتچمنت‌ها بر مبنای ژئومتری ۴۱

فصل ۵: مدفیکیشن‌های لازم جهت اصلاح سیستم نیرویی الاینر ۶۷

واژه‌یاب ۷۵

پیشگفتار

خدمات دیجیتال یکی از مهم‌ترین عوامل تحول در صنعت بهداشت و درمان در عصر دیجیتال می‌باشد. امروزه در حوزه سلامت و خدمات درمانی ارتودنسی نیز ما شاهد بروز فناوری‌ها و خدمات ویژه‌ای چون ارتودنسی نامرئی هستیم. تکنیکی که در آن به جای استفاده از سیم و براکت از الاینرهای شفاف به منظور مرتب کردن دندانهای بیماران استفاده می‌شود.

این روش برای تمام گروه‌های سنی مناسب بوده و حتی بزرگسالان نیز می‌توانند در عصر دیجیتال از این روش بهره مند گردند. این شیوه نوین درمانی علاوه بر دارابودن مزایایی چون بهداشتی بودن، راحتی و شفافیت به جهت اینکه روشی دیجیتال است در مقایسه با روش‌های سنتی توانسته در کشورهای توسعه یافته انقلابی به پا کند.

دکتر هومن رفیعی نیشابوری، مدیر و مؤسس گروه هایدلاینر، گامی فراتر از مرزها برداشته و با صرف هزینه و زمان قابل توجه، ضمن تحصیل این علم، به صورت عملی به درمان بیماران با این شیوه پرداخته است. گروه هایدلاینر علی رغم محدودیت‌ها و تحریم‌های پیش‌رو، کوشیده است تا این تحول دیجیتال را هم راستا با کشورهای توسعه یافته جهت استفاده و بکارگیری متخصصین ارتودنسی به جهت درمان بیماران در ایران ترویج دهد.

کتاب حاضر، تألیفی مبتنی بر تجارب علمی و عملی تیم هایدلاینر و هم چنین رفرنس‌های مطرح ارتودنسی شفاف است. این کتاب مشتمل بر پنج فصل می‌باشد که مبانی و اصول کاربردی اتچمنت‌ها و هم چنین سیستم نیرویی در ارتودنسی شفاف را توصیف و تحلیل کرده است.

برای شروع درمان به شیوه ارتودنسی نامریی، علاوه بر مطالعه این کتاب، توصیه می‌گردد که متخصصین و رزیدنت‌های ارتودنسی این مجموعه تألیفی ارزشمند را در محیط کار به همراه داشته باشند.

در پایان بسی شایسته است که از جناب آقای دکتر سید محمد موسوی، متخصص ارتودنسی عضو پژوهشکده علوم دندان پزشکی دانشگاه شهید بهشتی، جناب آقای دکتر سید سجاد حسینی، استادیار دانشکده دندان پزشکی کرمان و سرکار خانم دکتر فاطمه عبدی استادیار بخش ارتودنسی دانشکده کرمان که در تهیه و تنظیم این کتاب همراه و هم گام بوده اند، تقدیر و تشکر ویژه نمود.

آنچه در اختیار دانش پژوهان و همکاران گران قدر قرار گرفته، در واقع رسالت گروه هایدلاینر در انتقال و تفهیم دانش بوده است. امید است، پس از استفاده از مطالب این کتاب بر ادای وظیفه ایشان در اجرای این خطیر صحه گذارند و ادامه دهنده این مسیر باشند.

گروه هایدلاینر

۱

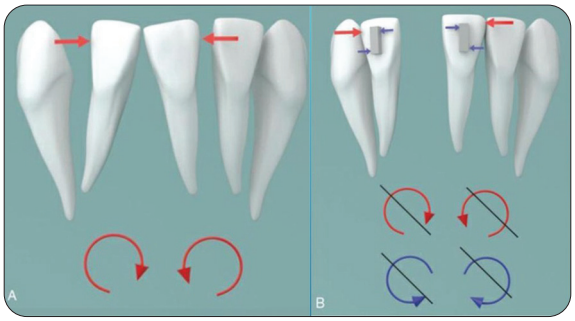
مقدمه‌ای بر الاینرهای شفاف

تکنیک ارتودنسی که امروزه به نام «Clear Aligner» نامیده می‌شود، طی بیست سال اخیر تحولات قابل ملاحظه‌ای داشته‌است. پیشرفت‌های حاصل شده در عملکرد پلاستیک‌های الاینر، نرم افزارهای طرح درمان و پرینت‌های سه بعدی یک هدف پایه اما اساسی داشته‌است: کاهش محدودیت‌های بیومکانیکی ذاتی در حرکات دندانی صورت گرفته با استفاده از الاینر.

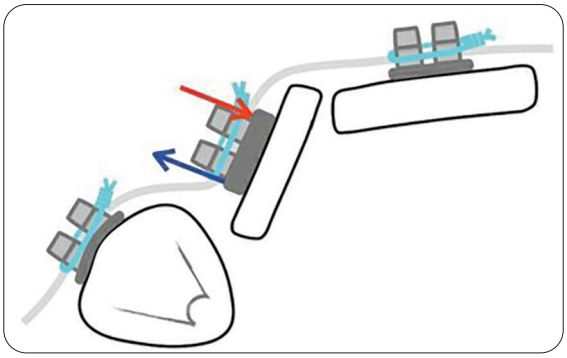
بهبودهای بیومکانیکی در اتچمنت‌های کامپوزیتی، یکی دیگر از پیشرفت‌های مهمی است که با هدف غلبه بر محدودیت‌های بیومکانیکی ذکر شده‌ی سیستم‌های الاینر طراحی شده‌است. اتچمنت‌های کامپوزیتی به منظور ایجاد بردارهای نیروی مکمل و اضافه‌ای در نظر گرفته می‌شوند که بعد از اعمال این نیروها به دندان توسط ماده‌ی الاینر، سیستم کلی برایند نیروها به شکلی تغییر خواهد کرد که امکان حرکات پیچیده‌ی دندانی فراهم شود.

کاربرد یکی ازابتدایی‌ترین اشکال هندسی اتچمنت‌ها نخستین بار توسط تیم کلینیکی شرکت Align Technology معرفی شد که به شکل یک ساختار مستطیلی ۱×۳ میلی‌متری بود و به منظور تلاش در controlled tipping نامطلوب این دندانها طی بستن فضای حاصل از کشیدن انسیروز فک پایین، به سطح باکال دندانهای انسیروز فک پایین باند می‌شد. (شکل ۱-۱) (۱). در صورتی که دندانهای انسیروز مجاور فضای اکسترکشن تمایل به tipping به سمت مزیال پیدا کنند ساختار سخت و ثابت اتچمنت‌ها به پلاستیک الاینر برخورد کرده و سبب ایجاد زوج نیروهایی می‌شود که با گشتاور اولیه مقابله کرده و tipping نامطلوب را کاهش می‌دهد.

حرکات ارتودنسی دندانی از طریق تکنیک‌های براکتی معمول با دربرگرفتن دندان به هم ریخته و نامنظم به وسیله‌ی طرح rigid «لیگاچور-ارچ وایر-براکت» قادر به اعمال سیستم‌های پیچیده‌ی نیرویی می‌باشند. این ترتیب و طرح خاص امکان اعمال کنترل گسترده بر مقدار و جهت بردارهای نیرو و متعاقبا حرکت دندان را فراهم می‌کند (۲). (شکل ۱-۲)



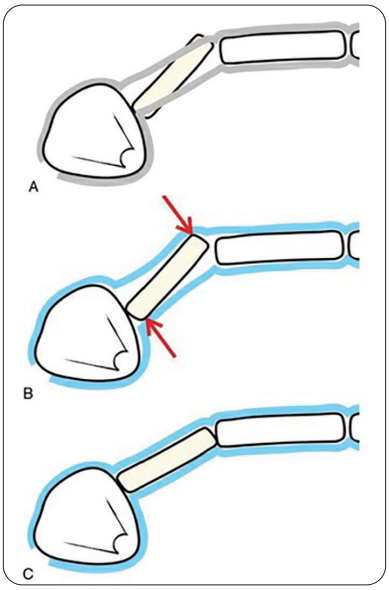
شکل ۱-۱: (A) گشتاورهای tipping مزیال (پیکان‌های منحنی قرمز) ناشی از نیروهای الاینر (پیکان‌های قرمز) که در طی بستن فضا ایجاد می‌شوند. گشتاورهای مخالف tipping (پیکان‌های منحنی ابی) ناشی از نیروهایی (پیکان‌های آبی) که بر اتچمنت‌های مستطیلی عمودی عمل می‌کنند (B). گشتاورهای مخالف یکدیگر را خنثی می‌کنند و حرکت بادیلی را ایجاد می‌نماید.[1]



شکل ۲-۱: زوج نیروهای معمول ایجاد شده طی الاینمنت دندان چرخش یافته از طریق براکت و وایر ۰,۰۱۴ NiTi که به طور کامل اینگیج شده است شامل دو وکتور نیرو است: یک نیرو به شکل push به سمت دیواره خلفی اسلات (پیکان قرمز) و نیروی دوم به شکل pull روی همان دیواره (پیکان آبی).[2]

حائز اهمیت است که این نکته را در ذهن داشته باشیم که اتچمنت‌ها به عنوان عوامل اکتیو و فعال تولیدکننده نیرو عمل نمی‌کنند، بلکه به طور پسیو و غیرفعال حین دفورمیشن الاستیک صورت گرفته در پلاستیک الاینر- به دلیل فقدان تطابق بین موقعیت دندان و ماده الاینر (mismatch) - در مسیر آن قرار گرفته و وکتور نیرویی را شکل می‌دهند که متعاقبا بر دندان اثر می‌گذارد (۲) (شکل۳-۱).

۱. شکل۱-۱:این شکل برگرفته از شکل ۲-۱ صفحه ۷۶ کتاب Principles and Biomechanics of Aligner Treatment نوشته‌ی Nanda و همکاران می‌باشد.
۲. شکل ۲-۱: این شکل برگرفته از شکل ۲-۲ صفحه ۷۷ کتاب Principles and Biomechanics of Aligner Treatment نوشته‌ی Nanda و همکاران می‌باشد.



شکل ۳-۱: (A) عدم تطابق بین دندان-الاینر. (B) دفورمیشن الاستیک در الاینر و فعال شدن نیروها پس از قرار دادن الاینر. (C) ردیف شدن دندان‌ها توسط الاینر.[1]

مواد سازنده الاینرها

مواد مورد استفاده در ساخت الاینرها ویسکوالاستیک می‌باشند که رابطه بین Stress و Strain در این مواد به زمان بستگی دارد. تحت نیروی ثابت، استرین یک ماده ویسکوالاستیک در طول زمان افزایش یافته که این پدیده در اصطلاح "Creep" (خزش) نام دارد.

خزش در اثر رویارویی مواد ویسکوالاستیک با یک نیروی ثابت بزرگ که زیر حد آستانه Yield Strength قرار دارد، در یک مدت زمان نسبتا طولانی رخ می‌دهد. پدیده وابسته به زمان دیگری که در مواد ویسکوالاستیک دیده می‌شود "Relaxation" است بدین صورت که استرس ماده به محض اینکه در مواجهه با استرین ثابت قرار گرفت به مرور کاهش می‌یابد.

میزان کاهش نیرو در طول زمان بستگی به بزرگی این نیرو و همچنین خصوصیات ماده دارد. (۳) در مجموع این مواد به دما، رطوبت، زمان سپری شده از قرار گرفتن بر روی دندان‌ها و همچنین خصوصیات پروسه تولید آن‌ها حساس می‌باشند. (۴) متعاقبا مقاومت ناکافی در برابر سایش و کاهش استحکام در نواحی تحت استرس مانند لبه انسیزال و نواحی اکلوزالی در این مواد مشهود می‌باشد. (۵)

---

۱. شکل ۳-۱: این شکل برگرفته از شکل ۲-۳ صفحه ۷۸ کتاب Principles and Biomechanics of Aligner Treatment نوشته‌ی Nanda و همکاران می‌باشد.

در حالت ایده‌آل الاینر بایستی نیرویی سبک و ثابت به دندان‌ها وارد آورد لذا، برای اعمال یک نیروی ایمن و کارآمد، ماده بایستی دارای رفتاری الاستیک خطی با Yield point بالا باشد، تا اطمینان حاصل گردد نیروی وارده به ماده از محدوده الاستیک آن فراتر نرفته و ماده وارد تغییر شکل پلاستیک دائمی نشود؛ به عبارت دیگر منحنی آزادسازی نیروی ماده باید تا حد امکان مسطح باشد تا نیروی آزاد شده در طول زمان تقریبا ثابت و پیوسته بماند. علاوه بر موارد ذکر شده، ماده الاینر بایستی Biocompatible (زیست سازگار) نیز باشد. (۶ و ۷)

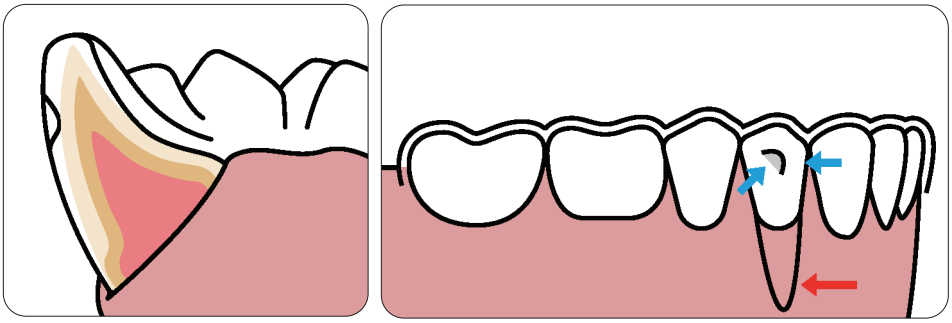
به طور کلی پلیمرهای رزینی مواد سازنده الاینرهابوده که در حال حاضر تولید کنندگان الاینرها از polyethylene terephthalate (PET)، polyurethane (PUR)، polypropylene (PP)، polyethylene و گروهی دیگر از پلیمرها در ترکیب با یکدیگر بهره می‌برند.(۸)

این مواد یا به صورت Foil (ورقه) با ضخامت‌های گوناگون تولید و بر روی مدل رزینی دندانها تحت حرارت و فشار مولد شده ویا اینکه به طور مستقیم به وسیله پرینتر سه بعدی ساخته می‌شوند.

- **روش اول:** معمولا در سیستم‌های In-house کاربرد داشته و انواع فویل‌ها از تولید کنندگان مختلف برای ساخت الاینر موجود می‌باشد. تمامی این فویل‌ها از ترکیب پلیمرهای ذکر شده ساخته می‌شوند اما در نوع ترکیب و میزان به کار رفته با یکدیگر تفاوت دارند و همین تنوعات سبب ایجاد اندکی تفاوت در خواص مکانیکی و عملکرد این مواد به عنوان الاینر خواهد شد.
- **روش دوم:** ساخت الاینر یا پرینت مستقیم است که امروزه توسط شرکت Invisalign استفاده می‌شود. نسل جدید مواد مورد استفاده در تکنولوژی Invisalign موسوم به SmartTrack، یک پلی اورتان ترموپلاستیک همراه با الاستومر داخلی است. (۹)

این ترکیب ماده‌ای است با الاستیسیته بالا که توانایی اعمال نیروی پایین و نسبتا پیوسته را دارد. الاستیسیته بالای این ترکیب باعث می‌شود تا بعد از ساخت به عنوان الاینر بتواند علاوه بر اعمال نیروی لازم برای حرکت دندان ها، پس از قرار گرفتن در دهان به راحتی از داخل امبراژورهای بین دندانی نیز خارج گردد؛ درصورتی که الاینرهای In-house به علت stiffness (سختی) بالای مواد سازنده در صورتی که امبراژورهای بین دندانی خصوصا در ناحیه قدام قوس به وسیله موم Block-out نشوند، درون آنها گیر کرده و به سختی خارج خواهند شد. همین خصوصیت منحصر به فرد SmartTrack موجب می‌گردد که Invisalign بتواند برای اجرای بسیاری از حرکات دندانی از امبراژورها خصوصا امبراژور ژنژیوالی برای اعمال نیرو به سطوح مزیال و دیستال دندان‌ها استفاده نموده و به این صورت نیاز به اتچمنت را به مقدار زیادی کاهش دهد. برای مثال شکل زیر را در نظر بگیرید؛ در این جا دندان پرمولر نیازمند تیپینگ (Angulation) ریشه به سمت دیستال است. همانگونه که ملاحظه می‌نمایید به علت نفوذ الاینر به داخل امبراژور ژنژیوالی، با استفاده از تنها یک اتچمنت کنترل ریشه و یک نقطه فشار اضافی در سطح مزیال دندان مورد نظر زوج

نیروی (Couple force) لازم برای کنترل ریشه حاصل شده در حالی که در صورت عدم نفوذ الاینر به امبراژور بین دندانی - همانند چیزی که در فویل‌های In-house دیده می‌شود- قطعا به دو اتچمنت نیاز است.



شکل ٤-١: Invisalign از سطوح بین دندانی برای اعمال نیرو و در نتیجه کاهش اتچمنت‌ها استفاده می‌نماید.[1]

References

1. Miller RJ, Duong TT & Derakhshan M. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system J Clin Orthod 2002؛36: 95- 102
2. Nanda R, Principles and Biomechanics of Aligner Treatment, first edition, St. Louis: Elsevier: 2021. P 75-79
3. Lombardo L, Martines E, Mazzanti V, Arreghini A, Mollica F, Siciliani G. Stress relaxation properties of four orthodontic aligner materials: A 24-hour in vitro study. Angle Orthod. 2017 Jan؛87(1):11-18. doi: 10.2319/113015-813.1. Epub 2016 Jun 17.
4. Schuster S, Eliades G, Zinelis S, Eliades T, Bradley TG. Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004 Dec؛126(6):725-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.04.021.
5. Thickett E, Power S. A randomized clinical trial of thermoplastic retainer wear. Eur J Orthod. 2010 Feb؛32(1):1-5. doi: 10.1093/ejo/cjp061. Epub 2009 Oct 14.
6. Zhang N, Bai Y, Ding X, Zhang Y. Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. Dent Mater J. 2011؛30(6):954-9. doi: 10.4012/dmj.2011-120. Epub 2011 Nov 25.
7. Lombardo L, Arreghini A, Maccarrone R, Bianchi A, Scalia S, Siciliani G. Optical properties of orthodontic aligners--spectrophotometry analysis of three types before

۱. شکل ۴-۱: این شکل برگرفته از شکل ۴-۱۰ صفحه ۴۴ کتاب Aligner techniques in Orthodontics نوشته‌ی Moya و همکاران می‌باشد.