

مکانیک های بیولوژیک حرکت ارتودنتیک دندان

هدف این فصل بررسی روابط بین بیومکانیک ارتودنسی و پروسه های بیولوژیک متضمن آنها است. موضوعات مورد بحث، شامل عوامل موثر بر حرکت دندان، ملاحظات انکورج، علل ریلپس، و تحلیل ریشه است. می توان تمام اصول بیولوژیک مرتبط زیربنای حرکت ارتودنتیک دندان را به عنوان ریمادلینگ بافت برشمرد. پروسه ی حرکت ارتودنتیک دندان، نتیجه ی تغییر دینامیک در ترکیب و شکل بافت های نرم و استخوان پوشاننده ی آنها است. بافت های دندانی و بافت های اطراف دندان (عاج، سمنتوم، لیگامان پریودنتال {PDL}، و استخوان آلوئولار)، همه دارای مکانیسم های ترمیمی فعال بوده و تحت نیروهای نرمال دستگاههای ارتودنسی تطابق می یابند. به بیان خیلی ساده، نیروهای خارجی، نواحی لوکالیزه ای از "فشار" و "کشش" را در بافت های مجاور دندان ایجاد می کنند، و پاسخ های متاثر از آنها اصول قانون ریمادلینگ استخوانی Wolf را تشکیل می دهد.^۱

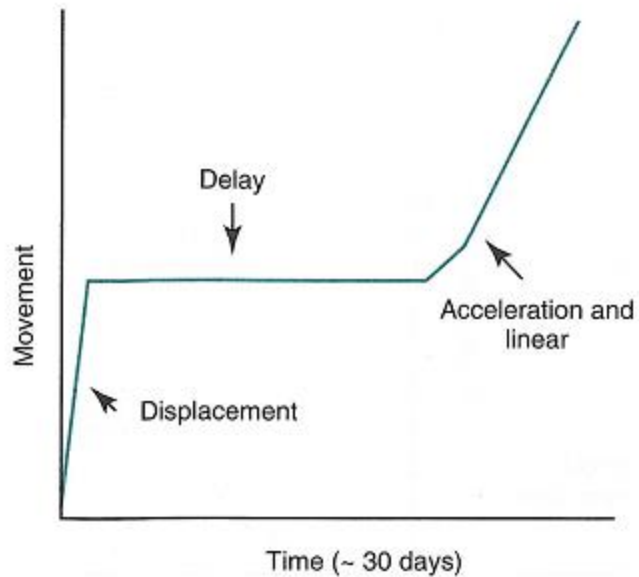
زمانیکه ارتودنتیست از دستگاههای ثابت برای اعمال نیرو بر دندانها استفاده می کند، حرکت قابل پیش بینی دندان مورد انتظار است. این واقعه همراه با افزایش گذرای موبیلیتی دندان و گاهاً شواهد رادیوگرافیکی از تحلیل ریشه ی خفیف است. اغلب ارتودنتیست های باتجربه، وقوع میزان خاصی از ریلپس را نیز متعاقب درمان ارتودنسی، پیش بینی می کنند. سایر انواع مهاجرت های دندانی که به طور شایع با آنها برخورد می شود، رویش دندانهای شیری و دائمی، وهم چنین drift مزیالی و دیستالی دندان ها هستند. این پروسه های فیزیولوژیک لزوماً توسط سیگنالهای بیومکانیک تحریک نمی شوند. در موارد نادری، دندانها قادر به رویش و یا حرکت در پاسخ به نیروها نیستند (که به معنی انکیلوز است). با فهم بهتر اصول بیولوژیک پایه ای که حرکت دندان را متاثر می سازند، میتوان هر یک از این پدیده های بالینی شایع را توضیح داد.

حرکت دندان

پاسخ های کلینیکی

Kinetic حرکت ارتودنتیک دندان

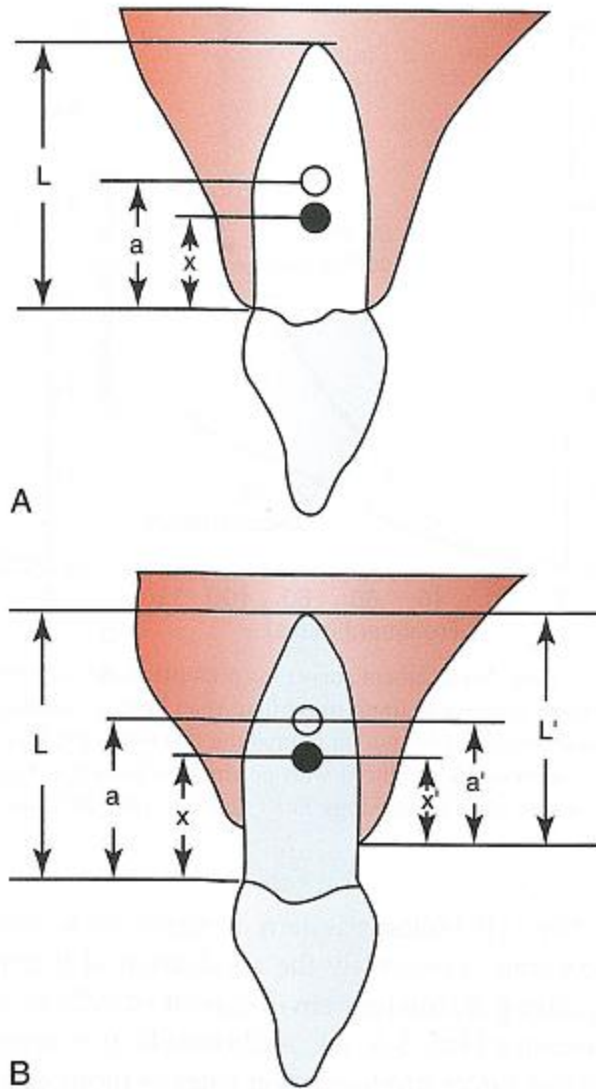
حرکت ارتودنتیک دندان از نقطه نظر بالینی شامل سه فاز متمایز است: (۱) فاز جابه جایی یا displacement، (۲) فاز تاخیری یا delay، و (۳) فاز خطی و شتاب یا acceleration و Linear (تصویر ۱-۵).



تصویر ۵-۱ فازهای حرکت ارتودننتیک دندان. منحنی کلاسیک، سه فاز دارد: فاز جابه جایی اولیه که خصوصیات ویسکوالاستیک ساختارهای حمایت کننده ی دندان را بازتاب می کند؛ یک فاز تاخیری یا lag که فاقد هرگونه حرکت است؛ و یک فاز postlag که دارای حرکت خطی دندان است. حداقل حرکت دندان در طی دو فاز اول روی می دهد و اغلب حرکت آن حین فازهای شتاب و خطی رخ می دهد که زائده ی آلئولار در حال ریمادلینگ است. بازه ی زمانی، فرضی در نظر گرفته شده است و به دلیل تفاوت های مکانیکی و بیولوژیکی، در افراد مختلف به میزان قابل توجهی متفاوت است.

فاز جابه جایی

واکنش اولیه ی دندان متعاقب اعمال نیرو، تقریباً آنی (در کسری از ثانیه) بوده، و بازتابی از حرکت فوری دندان درون چارچوب ویسکوالاستیک لیگامان پریودنتال است. این حرکات عموماً با استفاده از اصول بیوفیزیک، قابل پیش بینی بوده، و معمولاً فاقد مقادیر قابل توجهی از ریمادلینگ بافتی یا deformation استخوان آلئولار احاطه کننده ی دندان هستند.^۲ اجزای مایع درون لیگامان پریودنتال نقش مهمی در انتقال و تعدیل کردن نیروهای وارد به دندان ایفا می کنند.^۳ میزان پاسخ displacement نیز وابسته به طول ریشه و ارتفاع استخوان آلئول است، که هر دوی آنها عوامل تعیین کننده در محل مرکز مقاومت و مرکز چرخش دندان هستند (فصل ۴ را ببینید).^{۴،۵} برای مثال از دست دادن استخوان آلئول منجر به قرار گیری اپیکالتر مرکز مقاومت شده، و طبیعت حرکت displacement اولیه و حرکت خالص دندان را تحت تاثیر قرار می دهد (تصویر ۵-۲). سن نیز عامل دیگری است که displacement را متاثر می سازد. مدولوس Young لیگامان پریودنتال، در بالغین بیشتر از نوجوانان است، و این تفاوت در خصوصیات بیومکانیک، مرتبط با سطوح استرس معادل یا تا حدی بالاتر در PDL بالغین است. این امر می تواند باعث کاهش پاسخ بیولوژیک در PDL، و در نتیجه تغییر در حرکت دندان در بالغین شود.^۶ ظرفیت displacement یک دندان می تواند حتی در یک فرد نیز تغییر نماید؛ ممکن است الاستیسیته ی PDL و استخوان آلئولار در انتهای حرکت دندان کاهش قابل توجهی را نشان دهند.^۷



تصویر ۲-۵ میزان آزادی درون اجزای ویسکوالاستیک لیگامان پریودنتال (displacement) تحت تاثیر طول ریشه و ارتفاع استخوان آلوئولار قرار دارد. A، تغییر طول ریشه (L) منجر به تغییر فاصله ی بین محل مرکز چرخش (CROT) با سرویکس (a) و فاصله ی بین محل مرکز مقاومت (CRES) با سرویکس (x) می شود. B، تغییرات ارتفاع استخوان آلوئولار می تواند CROT و CRES را متاثر سازد. (a)، فاصله ی CROT تا سرویکس؛ (a')، فاصله ی CROT تا آلوئولار کرسست؛ L ، متوسط طول ریشه؛ L' ، طول تغییر یافته ی ریشه؛ x ، فاصله ی CRES تا سرویکس؛ x' ، فاصله ی CRES تا آلوئولار کرسست. نهایتاً، الگوهای جابه جایی دندان با تغییر در موقعیت CRES دندان تعیین می شود که ناشی از تغییرات ارتفاع استخوان آلوئولار یا طول ریشه است. (Modified with permission from Tanne K, Nagataki T, Inoue Y, Sakuda M,)
 Burstone CJ. Patterns of initial tooth displacements associated with various root length and alveolar (bone heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100:66-71.

فاز تاخیری

فاز دوم چرخه ی حرکت ارتودنتیک دندان با غیاب هرگونه حرکت بالینی شناخته می شود، و عموماً از آن تحت عنوان فاز delay یا latency یاد می شود. در حین این دوره هیچ حرکت دندانی وجود ندارد، اما ریمادلینگ قابل ملاحظه ای در تمام بافت های پوشاننده ی دندان رخ می دهد. میزان مطلق نیرو به اندازه میزان نسبی نیروی اعمال شده بر هر واحد سطح، به این مبحث مرتبط نیست. بسته به compression موضعی PDL یا (۱) بسته شدن نسبی عروق ناحیه را خواهیم داشت یا با (۲) بسته شدن کامل عروق خونی در زمان اعمال نیروهای بیش از حد زیاد، مواجه خواهیم بود. در صورت بسته شدن نسبی، عروقی که مواد غذایی را به این ناحیه می رسانند دارای قابلیت تطابق با این شرایط جدید بوده، و می توانند برای Bypass نواحی بسته شده، تحت پروسه ی آنژیوژنز قرار گیرند. با این حال، بسته شدن کامل جریان خون، منجر به نکروز موقت ناحیه ی مجاور می شود، و یک مسیر کاملاً متفاوت حرکت دندانی را دنبال می کند که کندتر آغاز می گردد (حدوداً بعد از یک تا دو هفته شروع می شود). در هر دو حالت، تغییرات ساختاری و بیوشیمیایی، آبخاری از مکانیسم های سلولی لازم برای ریمادلینگ استخوانی را آغاز می کنند.

افزایش سن به میزان قابل توجهی فعالیت تکثیری سلولهای PDL و حرکت دندانی متعاقب آن را، خصوصاً در فاز delay تحت تاثیر قرار می دهد.^۸ با این وجود، مطالعات بر روی حرکت مولر در مدل های حیوانی نشان داده اند که حرکت اولیه ی دندان در نمونه های جوان سریعتر از بالغین است. با این حال زمانیکه حرکت دندان به فاز خطی خود برسد، سرعت آن در هر دو گروه برابر می شود. این امر نشان دهنده ی آن است که افزایش مشاهده شده در زمان درمان ارتودنسی بالغین عمدتاً ناشی از فاز تاخیری قبل از آغاز حرکت دندان است، اما زمانیکه حرکت دندان آغاز شود سرعت آن دارای کارایی مساوی است.^۹