فصل ۱۱

اصول بیومکانیک بستن فضا

روش‌های زیادی در بستن فضاهایی که از خارج کردن دندانها به وجود می‌آید، به کار برده می‌شود. ولی به اصول بستن این فضاها کمتر توجه می‌شود. بیشتر روشها در بستن فضا، تکنیکهایی مانند شکل حلقه، فنر، تاثیر متقابل وایر روی براکت یا استفاده از کش را، تشریح می‌کنند. و تکنیک به کار برده شده، از یک دستورالعمل ثابت تبعیت می‌نماید، و ارزیابی نیازهای خاص هر بیمار، مورد توجه قرار نمیگیرد. مضافاً روش درمان با تکنیک خاص و با نامی معین، دنبال می‌شود ولی متخصصین ارتودنسی باید راهنمایی برای خود در مد نظر قرار دهند، بدون اینکه درمانها بر اساس اصول خشک، بیومکانیک استوار گردد.

بستن فضا در درمانهای ارتودنسی باید متکی بر تشخیص و طرح درمان در هر بیمار به صورت اختصاصی باشد. انتخاب طرح درمان یا تکنیک، ترتیب درمان، طرح وایر و دستگاه باید بر اساس حرکت مطلوب دندانها باشد. توجه به سیستم نیروی دستگاه ارتودنسی، برای درمان هر نوع ناهنجاری لازم است.

این بخش انواع تئوریها و دو روش عملی برای بستن فضای دندان خارج شده، متکی بر اصول بیومکانیک را، بحث می‌نماید. یک روش با استفاده از فنر قسمتی و روش دیگر با استفاده از لوپ در وایر کامل می‌باشد.

طبقه‌بندی تکیه‌گاه

اگر چه تکیه‌گاه تا بحال به طور واضح تعریف نشده است ولی در ارتودنسی یک معنی کلی دارد. اصطلاحی مانند تکیه‌گاه پایدار critical، تکیه‌گاه غیر پایدار noncritical و روش از بین بردن تکیه‌گاه یا burning غالباً برای تشریح میزان مشکل بودن شرایط بستن فضا به کار برده می‌شود. اساساً تکیه‌گاه برای کنترل مقدار حرکت دندانهای خلفی (مولرها و پره مولرها) در بستن فضای دندانهای در آورده شده، در طی درمان تعریف می‌گردد. بنابراین تکیه‌گاه در طرح درمان، می‌تواند از حداکثر یعنی، بدون حرکت مزیالی دندانهای خلفی (و یا حتی حرکت این دندانها به سمت عقب) تا حداقل یعنی، بستن فضا به صورت ۱۰۰٪ با حرکت دندانهای خلفی به جلو تغییر نماید.

تکیه‌گاه به صورت زیر می‌تواند طبقه بندی گردد.

تکیه‌گاه A، در این طبقه دندانهای خلفی به صورتی نگه‌داری می‌شوند که ۷۵٪ یا بیشتر از ۷۵٪ فضای دندان در آورده شده، برای حرکت دادن دندانهای قدامی به کار برده می‌شود (شکل A ۱-۱۱)

تکیه‌گاه B در این طبقه وضعیت دندانهای خلفی طوری است که ۵۰٪ فضای دندانهای خارج شده برای حرکت دندانهای قدامی و ۵۰٪ برای حرکت دندانهای خلفی می‌باشد. در این طبقه، مشکلات بستن فضای دندان خلفی به حداقل می‌رسد (شکل B ۱-۱۱).

تکیه‌گاه C، این طبقه وضعیت تکیه‌گاه ناپایدار (non cretical) را، بیان می‌کند، به طوریکه ۷۵٪ یا بیشتر فضا، باید توسط حرکت دندانهای خلفی انجام شود. این طبقه بندی در رابطه با دندانهای قدامی به عنوان تکیه‌گاه پایدار (critical) محسوب می‌گردد. (شکل C ۱-۱۱).

این طبقه بندی در طراحی تکنیک مورد نیاز هر بیمار، کمک می‌نماید شکل ۲-۱۱ فضای دندانهای خارج شده در این ۳ نوع طبقه بندی را، نشان می‌دهد[۱،۳،۴].

عقب بردن دندان کانین در مقابل عقب بردن کامل دندانهای قدامی

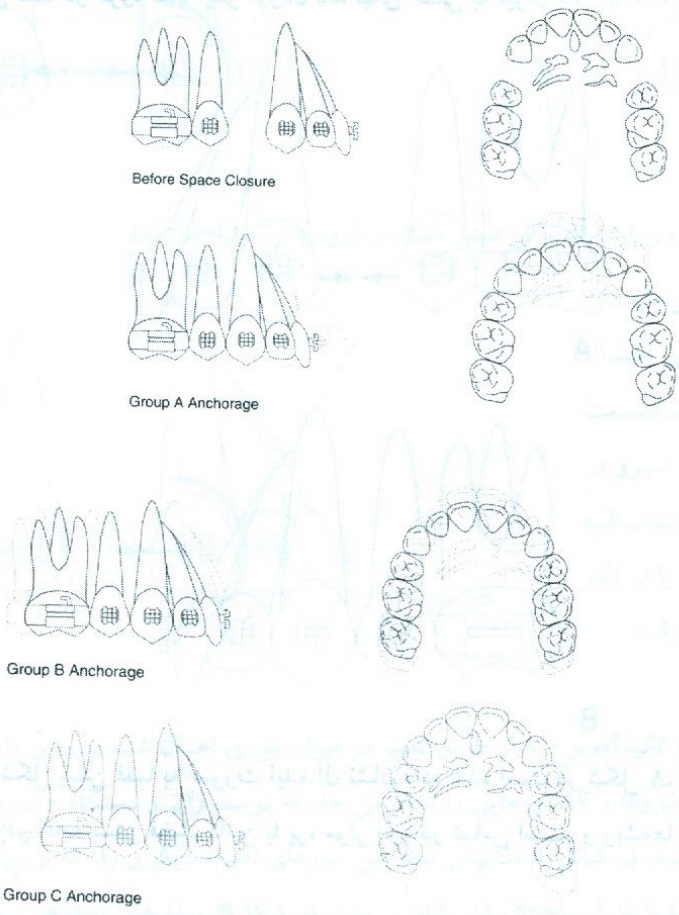
متخصصین ارتودنسی به این نتیجه رسیده‌اند که بستن فضا در دو مرحله با عقب بردن کانین و سپس عقب بردن دندانهای قدامی در مقایسه با عقب بردن تمامی ۶ دندان قدامی، روی تکیه‌گاه اثر کمتری دارد. این تفاوت در بعضی از تکنیکها صدق می‌نماید، ولی برای تمام موارد قابل قبول نمی‌باشد. طراحی دستگاه، بر اساس اصول صحیح بیومکانیک، می‌تواند کل مجموعه ۶ دندان قدامی را، در یک مرحله به عقب ببرد. بستن فضا به صورت یک مجموعه می‌تواند زمان درمان را، کاهش دهد. حرکت جداگانه دندان کانین به طرف عقب در مواردی که فضا برای دندانهای قدامی مورد نیاز است به کار برده می‌شود، سپس بعد از ردیف شدن دندانهای قدامی بستن فضا به صورت یک مجموعه انجام می‌شود.

بستن فضا - اصول بیومکانیک

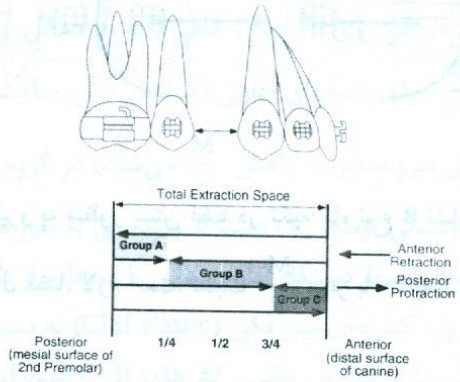
بستن فضا باید همراه با عمود شدن و ردیف شدن دندانها با وجود ریشه‌های موازی باشد، در نتیجه ضرورت حرکت دندانها به صورت انتقالی و یا نیاز به حرکت ریشه‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. شکل ۳-۱۱ وضعیت قدامی خلفی بستن فضا را، نشان می‌دهد. در این حالت، بستن فضا در گروه تکیه‌گاه B یا بستن فضا به طور قرینه نشان داده شده است. در حالیکه وضعیت پلان اکلوزال و ریشه دندانهای مولر، پره مولر و کانین به طور موازی نگه داشته می‌شود، فضا بسته می‌گردد. حرکت دندانها از شکل A ۳-۱۱ تا B ۳-۱۱ نیاز به حرکت انتقالی دندانهای خلفی و قدامی دارد. سیستم نیروی لازم برای ایجاد چنین حرکتی، نیاز به وجود نیروها و گشتاورهای مساوی و مخالف دارد. شکل ۴-۱۱ سیستم نیروهای کامل مورد نیاز برای این حرکت را، نشان می‌دهد. از آنجائیکه گشتاورها و نیروها از نظر مقدار مساوی ولی از نظر جهت مخالف هستند، نیروهای عمودی مطرح نمی‌باشد، بنابراین اثرات جانبی بیومکانیک آنها مورد توجه قرار نمی‌گیرد. نسبت گشتاور به نیرو که روی دندانهای قدامی و خلفی عمل می‌نماید باید در حدود ۱۰ به ۱ باشد، این نسبت برای حرکت انتقالی دندانها مورد نیاز است.

بستن فضایی که نیاز به کنترل دقیق تکیه‌گاه دارد مشکل است . در نوع A تکیه‌گاه دندانهای خلفی، پایدار critical است، نیروهای مزیالی که روی دندانهای خلفی اثر می‌کند باید به حداقل رسانده شود یا خنثی گردند. شکل ۵-۱۱ این نوع بستن فضا، بدون اینکه نیروهایی یا گشتاورهایی روی دندانهای خلفی عمل نماید را، نشان می‌دهد. متاسفانه این سیستم نیرو فقط می‌تواند از طریق تکیه‌گاههای خارج دهانی به دست آید. بر اساس قانون سوم نیوتن هر نیرویی که روی دندانهای قدامی اثر کند باید با نیرویی مساوی ولی در جهت مخالف روی دندانهای خلفی، سر یا گردن (توسط استفاده از هدگیر تمام وقت) مقابله نماید. اگر تکیه‌گاه داخل دهانی به کار برده شود، نیروها و گشتاورها باید بر روی

دندانهای خلفی اعمال شوند، برای به دست آوردن حرکت دندانی مناسب (یعنی کنترل تکیه‌گاه)، تکنیک‌های مناسب، بایستی در طرح دستگاه مد نظر باشد. شکل ۶-۱۱، دو روش احتمالی برای این درمان را، نشان می‌دهد.

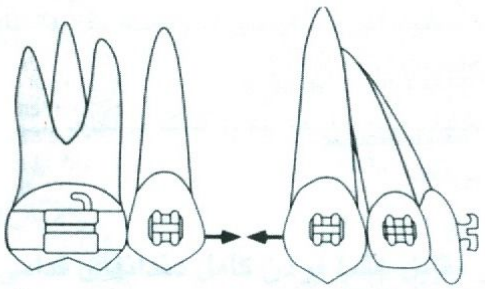


شکل ۱-۱۱ : تقسیم بندی تکیه‌گاه: بستن فضا در گروه تکیه‌گاه A با عقب بردن دندانهای قدامی مشخص می‌گردد. بستن فضا در گروه تکیه‌گاه B به طور مساوی با عقب بردن دندانهای قدامی و با جلو آوردن دندانهای خلفی انجام می‌شود. بستن فضا در گروه C با جلو آوردن دندانهای خلفی انجام می‌شود (دندانهای قدامی در محل خود نگه داشته می‌شوند).

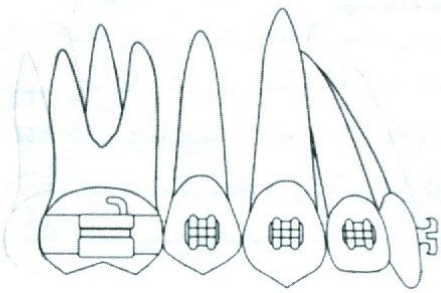


شکل ۲-۱۱ : تقسیم بندی تکیه‌گاه: محل فضای دندان خارج شده برای بررسی تکیه‌گاه به چهار قسمت تقسیم می‌شود. ناحیه سایه زده شده، موقعیت نهایی تماس پروگزیمالی بین کانین و پره مولرها را، نشان می‌دهد. بستن فضا در گروه A

شامل ۱۰۰٪ عقب بردن دندانهای قدامی (عدم حرکت دندانهای خلفی) تا ۷۵٪ عقب بردن دندانهای قدامی (حرکت دندانهای خلفی به میزان ۲۵٪) می‌باشد. در بستن فضا در گروه B، دندانهای قدامی و خلفی به طور مساوی بطرف یکدیگر حرکت می‌کنند. بستن فضا در گروه C با جلو آوردن دندانهای خلفی به میزان ۷۵٪ تا ۱۰۰٪ انجام می‌گردد.

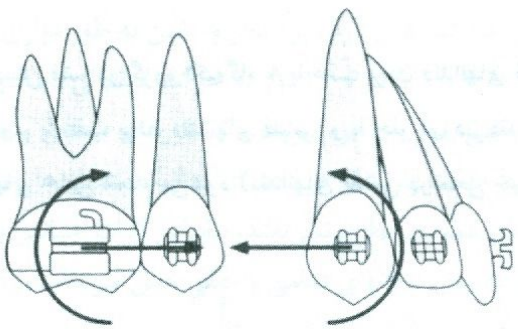


A



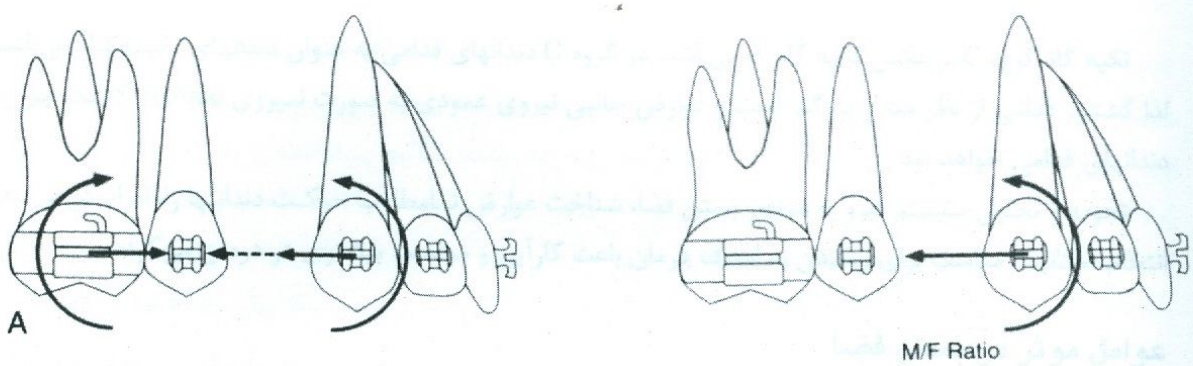
B

شکل ۳-۱۱ : در این شکل بستن فضا به صورت ایده آل نشان داده شده است در شکل A، فضا قبل از بسته شدن مشاهده می‌شود و در شکل B در ادامه بستن فضا، کانین با پره مولر دوم در تماس است، و ریشه‌ها موازی هستند و پلان اکلوزال مسطح می‌باشد.



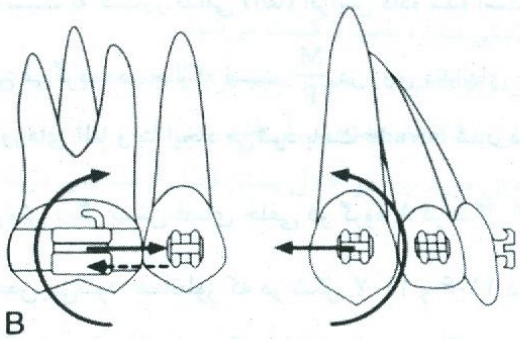
شکل ٤-۱۱ : در این شکل سیستم نیرو به منظور بستن فضا در تکیه گاه نوع B نشان داده می‌شود. حرکت انتقالی دندانهای قدامی و خلفی به منظور بستن ایده‌آل فضا، لازم است. نسبت $\frac{M}{F}$ برابر با ۱۰ به ۱ برای حرکت انتقالی دندانها مورد نیاز است.

برای حفظ کامل تکیه‌گاه دندانهای خلفی، هیچ نیرویی نباید بر روی دندانهای خلفی اعمال شود و تنها بایستی نیرویی برای حرکت انتقالی دندانهای قدامی، که مورد نیاز است، اعمال گردد. این نیرو در صورتی ایجاد می‌شود که تکیه گاه از طریق خارج دهانی یا از طریق قوس مقابل تامین شود.



شکل ۵-۱۱ : این شکل سیستم نیروی ایده آل برای بستن فضا در گروه A را، نشان می‌دهد.

برای حفظ تکیه‌گاه قسمت خلفی بایستی نیرویی بر روی دندانهای خلفی اعمال نشود. فقط یک نیرو برای انتقال قسمت قدامی لازم است. این سیستم نیرو در صورتی می‌تواند وجود داشته باشد که تکیه‌گاه از نوع خارج دهانی باشد یا از فک مقابل بتوان برای تکیه‌گاه کمک گرفت.



شکل ٦-۱۱ : روشهایی برای حفظ تکیه‌گاه نوع A از طریق تغییر در میزان نیروی اعمال شده بر روی دندانهای قدامی یا خلفی وجود دارد. بردارهای توپر نیروها و گشتاورهایی را نشان می‌دهد که توسط وایر و دستگاه عقب برنده (یعنی توسط وایر و elastic chain) اعمال می‌شود. در شکل A فلشهای نقطه‌چین نیروهای اضافه دیگری را، که بر روی دندانهای قدامی اعمال می‌شوند، (مثل Cl II elastic یا هدگیر J - hook)، نشان می‌دهد. در شکل B، بردارهای نقطه‌چین، نیرویی را که از هدگیر بر روی دندانهای خلفی وارد می‌شود، نشان می‌دهد. در هر مورد تغییر در میزان نیرو باعث کاهش نسبت $\frac{M}{F}$ در روی دندانهای قدامی و افزایش نسبت $\frac{M}{F}$ در روی دندانهای خلفی می‌گردد.

همانطور که در شکل ۶-۱۱ مشاهده می‌شود نیروی خلفی روی دندانهای قدامی باید حداکثر پتانسیل برای حرکت دندانها را، به وجود آورد، در حالیکه نیروی مزیالی روی دندانهای خلفی باید به حداقل برسد یا خنثی گردد. با توجه به سیستم نیروی مورد نیاز، افزایش نسبت $\frac{M}{F}$ برای دندانهای خلفی (کاهش نیرو باعث بالا رفتن $\frac{M}{F}$ می‌شود) و یا کاهش نسبت $\frac{M}{F}$ در ناحیه قدامی (افزایش نیرو منجر به کاهش $\frac{M}{F}$ می‌شود) در گروه تکیه گاه A مورد توجه قرار میگیرد. در یک قوس دندانی نیروی مزیودیستالی توسط یک دستگاه ارتودنسی به طور مساوی (قوانین تعادل سکون) اعمال می‌شود: بدین ترتیب نیروها را می‌توان توسط دستگاه خارج دهانی یا استفاده از تکیه گاه قوس مقابل افزایش یا کاهش داد. این حالت با استفاده از هدگیر و یا کش‌های بین فکی (Cl II elastic) به دست می‌آید. استفاده از هدگیر یا کش‌های بین فکی به همکاری بیمار بستگی دارد. عوارض جانبی کش‌های Cl II باعث ایجاد نیرو بر روی دندانهای فک پایین شده و باعث حرکت extrusive مولر پایین و دندانهای قدامی فک بالا می‌گردد، با هر کدام از این عوارض می‌توان در خلال درمان مقابله کرد.

شکل ۷-۱۱ : تکنیک درمان در بستن فضا در گروه A با استفاده از گشتاورهای افتراقی نشان داده می‌شود. گشتاور خلفی (بتا) نسبت به گشتاور قدامی (آلفا) افزایش داده شده است. اختلاف گشتاورها باعث کم شدن نسبت $\frac{M}{F}$ بر روی دندانهای قدامی می‌گردد، در حالیکه نسبت $\frac{M}{F}$ در روی دندانهای خلفی زیاد می‌شود. نیروهای عمودی که در اثر اختلاف گشتاورهای آلفا و بتا ایجاد می‌شود باعث intrude شدن دندانهای قدامی و extrude شدن دندانهای خلفی می‌گردد.

روش دیگر بستن فضای خلفی در گروه A در شکل ۷-۱۱ ترسیم شده است. این روش با تفاوت نسبتهای $\frac{M}{F}$ مشخص می‌شود. همانطور که در شکل ۷-۱۱ و ۶-۱۱ دیده می‌شود، اختلاف در نسبتهای قدامی خلفی $\frac{M}{F}$ با تغییر نیرو از طریق استفاده از هدگیر یا کش‌های بین فکی به وجود می‌آید، گشتاورها نیز میتوانند تغییر یابد. شکل ۷-۱۱ کاربرد گشتاور بزرگ‌تر در دندانهای خلفی در مقایسه با گشتاور اعمال شده در دندانهای قدامی را، نشان می‌دهد. افزایش گشتاور خلفی در حالیکه گشتاور قدامی کاهش می‌یابد، منجر به تغییر در نسبت $\frac{M}{F}$ می‌گردد. افزایش گشتاور در دندانهای خلفی باعث افزایش نسبت $\frac{M}{F}$ می‌شود و کاهش گشتاور در دندانهای قدامی باعث کاهش نسبت $\frac{M}{F}$ می‌گردد: نیرو در قسمت قدام و خلف برابر است. افزایش نسبت $\frac{M}{F}$ خلفی، باعث حرکت ریشه‌ها می‌شود (نسبت $\frac{M}{F} \sim \frac{12}{1}$)، در حالیکه کاهش نسبت $\frac{M}{F}$ در قدام ایجاد حرکت tipping می‌کند (نسبت $\frac{M}{F} \sim \frac{7}{1}$). اگر گشتاور خلفی خیلی بزرگ باشد، نسبت $\frac{M}{F}$ بی‌نهایت می‌گردد و باعث ایجاد نیروی خالص چرخشی در دندانهای خلفی میشود، این زوج نیرو باعث ایجاد حرکت چرخشی حول مرکز مقاومت دندان تکیه‌گاه میگردد و منجر به حرکت تاج به دیستال (افزایش فضای دندان خارج شده) می‌شود. با توجه به اینکه حرکت چرخشی انتقالی تاج سریعتر از حرکت ریشه انجام می‌شود، بنابراین حرکت دندانهای قدامی به طرف دیستال در فضای دندان خارج شده، قبل از اینکه حرکت مزیالی مولرها دیده شود، انجام می‌شود.

گشتاورها بدون عوارض جانبی نمی‌باشند، گشتاورهای نامساوی باید توسط گشتاور سوم و یا به وسیله یک زوج نیرو خنثی گردند. این زوج نیرو به عنوان یک زوج نیروهای عمودی به صورت intrude کننده برای دندانهای قدامی و extrude کننده برای دندانهای خلفی به حساب می‌آیند. شکل ۹-۱۱ این نوع نیروها را، نشان می‌دهد. مقدار نیروهای عمودی به اختلاف موجود بین گشتاورهای قدامی و خلفی و به فاصله موجود بین دندانهای قدامی و خلفی بستگی دارد. بدون توجه به تکنیک درمان، عوارض جانبی ایجاد خواهد شد. انتخاب صحیح دستگاه بستگی به مزایا و معایب این عوارض جانبی دارد.

تکیه گاه گروه C بر عکس تکیه گاه A می‌باشد. در گروه C دندانهای قدامی به عنوان دندانهای تکیه‌گاه می‌باشند لذا گشتاور قدامی از نظر مقدار بزرگتر است و عوارض جانبی نیروی عمودی به صورت نیروی extrude کننده بر روی دندانهای قدامی خواهد بود.

تجزیه و تحلیل سیستم نیرو به منظور بستن فضا، شناخت عوارض نامطلوب حرکت دندانها را، افزایش می‌دهد. انتخاب مکانیک مناسب برای رسیدن به اهداف درمان باعث کارآیی و موفقیت بیشتری در درمان می‌گردد.

عوامل موثر در بستن فضا

طرح درمان در ارتودنسی، از بحث درباره خارج کردن یا نکردن دندانها، اهمیت بیشتری دارد. فاکتورهای متعددی در خارج ساختن دندان‌ها در درمانهای ارتودنسی دخالت می‌نمایند. ساده اندیشی در طرح درمان در مورد خارج کردن یا عدم خارج کردن دندانها، بدون توجه به نارحتی، علاقه و سلامتی بیمار، باعث شکست می‌شود.

عوامل متعددی در رابطه با خارج کردن دندانها در درمانهای ارتودنسی باید مورد توجه قرار گیرند، همراه با عوامل زیر، حداقل توجه باید شامل زیبایی، سلامتی عمومی حفره دهان و شکایت عمده بیمار باشد.

اطلاعات بدست آمده از تشخیص و طرح درمان، حرکت دندان مورد نیاز در خلال بستن فضا را، مشخص می‌نمایند. این فاکتورها شامل موارد زیر هستند.

۱- مقدار کراودینگ
۲- تکیه‌گاه
۳- محور طولی دندانهای کانین و ثنایا
۴- انحراف خط وسط دندانی و ارزیابی قرینگی در سمت چپ و راست قوس دندانی
۵- ارتفاع عمودی صورت

۱- مقدار کراودینگ

خارج کردن دندانها برای ایجاد فضا، به منظور از بین بردن کراودینگ، انجام می‌گیرد. در موارد کراودینگ شدید، کنترل تکیه‌گاه خلفی از اهمیت بیشتری برخوردار است. حفظ تکیه‌گاه در حین ایجاد فضا برای مرتب کردن دندانهای قدامی ضروری است.

۲- تکیه‌گاه

طبقه بندی و توجه به اصل تکیه‌گاه‌های افتراقی بسیار مهم است (در اوایل این بخش تشریح گردید). استفاده از یک تکنیک مشخص برای تکیه‌گاهای مختلف مورد نیاز، توانایی رسیدن به اهداف مورد نظر را، محدود می نماید. تقویت تکیه‌گاه، به روشهای متداول (مثل هدگیر، افزایش تعداد دندانهای واحد تکیه‌گاه lip bumper, palatal bar) می‌تواند انجام گیرد. اگر اصول بیومکانیک در کنترل تکیه‌گاه به کار رود، رسیدن به اهداف پیش بینی شده با حداقل همکاری بیمار امکان پذیر است.

کنترل موقعیت دندانهای مولر در بستن فضا ضروری است. از بین رفتن تکیه‌گاه، می‌تواند مانع درمان مال اکلوژن، در وضعیت قدامی خلفی گردد (بیماران Cl III و Cl II). این موضوع مخصوصا در رابطه با بستن فضا، در درمان بیماران Cl II از اهمیت بسیاری برخوردار است. حرکت دندانهای خلفی فک بالا به طرف جلو در درمان مال اکلوژن Cl II ایجاد اشکال می‌کند. به کارگیری سیستم نیروی معین در دستگاهی که به این منظور طراحی شده است زمینه موفقیت را، افزایش می‌دهد.

۳- محور طولی دندانهای کانین و ثنایاها

نیرو و یا گشتاور اعمال شده بر روی یک یا تعدادی از دندانها با محور طولی متفاوت، باعث ایجاد انواع حرکتهای دندانی می‌گردد. محور طولی **دندانها** در حرکت دندانی در حین بستن فضای باقی مانده، به عنوان یک عامل مهم محسوب می‌گردد. شکل C تا A ۸-۱۱ اثرات یک نیرو بر روی دندانهایی با محور طولی مختلف را، نشان میدهد. این مثالها حرکت ریشه بطرف مزیال را، نشان میدهد که بر خلاف جهت حرکت مورد نظر است. شکل C تا A، ۹-۱۱ سیستم نیروی مورد نیاز برای عقب بردن و عمود کردن این دندانها را، نشان می‌دهد(۱٤).

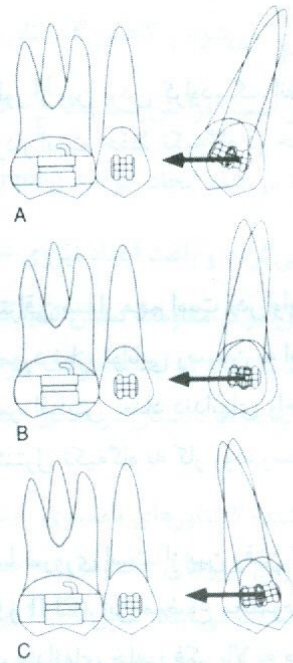
٤- انحرافات خط وسط و قرینگی چپ و راست قوس دندانی

انحرافات خط وسط با یا بدون عدم قرینگی راست و چپ اکلوژن باید در مراحل اولیه درمان، تصحیح شوند. کاربرد مکانیکهای قرینه باعث می‌شود که درمان به طور قرینه به اتمام برسد (یعنی در طرف راست و چپ یک تکنیک به کار برده شود). نیروهای غیر قرینه در طرف راست و چپ باعث ایجاد نیروهای عمودی یک طرفه می‌گردد، بطوریکه قوسهای دندانی منحرف میشوند و یا باعث از بین رفتن تکیه‌گاه به طور غیر قرینه می‌گردد. استفاده از نیروهای قرینه عوارض جانبی بالا را به حداقل می‌رساند.

٥- ارتفاع عمودی

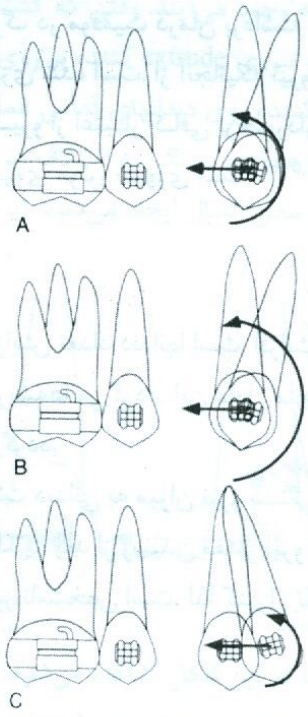
توجه به نیروهای عمودی برای کنترل ارتفاع عمودی صورت در حین بستن فضاهای باقی مانده ضروری است. نیروهای extrude کننده نامطلوب روی دندانهای خلفی باعث افزایش ارتفاع عمودی قسمت تحتانی صورت، افزایش فاصله بین لبی (interlabial gap) و افزایش رویت لثه بیمار یا (gummy smile) می‌گردد.

نیروهای عمودی مربوط به استفاده از مکانیک Cl II می‌توانند مشکلات بالا را، ایجاد نماید. مقابله با عوارض نیروهای عمودی که در حین بستن فضاهای افتراقی به وجود می‌آید، باید مورد توجه متخصص ارتودنسی قرار گیرد.



شکل ۸-۱۱ : اثر یک نیروی منفرد دیستالی کننده در روی دندانها با محورهای طولی متفاوت نشان داده شده است. A، در این شکل دندان در جهت دیستالی tip شده است یعنی یک نیروی دیستالی کننده ساده با حرکت بیشتر ریشه به سمت مزیال، منجر به حرکت tipping بیشتری در تاج می‌گردد. B، در این شکل یک نیروی منفرد بر روی یک دندان عمودی

قرار داده شده، منجر به tipping تاج دندان و حرکت مزیالی ریشه‌ها می‌شود. C، در این شکل یک نیروی منفرد بر روی دندانی که در جهت مزیال tip شده است باعث upright شدن دندان می‌گردد. در این مثالها، بر روی موقعیت ریشه کنترلی وجود ندارد.



شکل ۹-۱۱ : سیستم نیروی مورد نیاز که برای عقب بردن دندانها در شکل ۷-۱۱، مشاهده می‌شود. A، حرکت ریشه برای عمودی قرار گرفتن این دندان لازم است، بنابراین نسبت $\frac{M}{F}$ تقریبا برابر با $\frac{12}{1}$ مورد نیاز است B، برای حرکت انتقالی نسبت $\frac{M}{F}$ در حدود $\frac{10}{1}$ مورد نیاز است . C، با نسبت $\frac{M}{F}$ در حدود $\frac{7}{1}$ حرکت controlled tipping اتفاق می‌افتد.

کنترل تکیه‌گاه در بستن فضا و حرکات افتراقی دندانها

تفاوتهای بیولوژیکی

پاسخ بیولوژیکی به سیستم نیرو باعث ایجاد حرکت دندان می‌گردد. تحریک مکانیکی دستگاه ارتودنسی روی دندانها باعث فعالیت فیزیولوژیکی تخریب یا ساخت استخوان می‌شود. این واکنش منجر به حرکت دندانها می‌گردد. نیروی ارتودنسی روی دندانها، ایجاد فشار غیر عادی در فضای پریودنت می‌نماید (ساختار فضای پریودنت نسبت به مقدار نیرو بر واحد سطح، حساس می‌باشد). کشش و فشار در داخل فضای پریودنت باعث تغییراتی در سلولها، فیبرها و ساختمانهای دیگر، این بافت می‌گردد. پاسخ بیولوژیکی بستگی به فشار و کشش در بافت‌های پریودنتال دارد.

نیروی موثر: نیرویی است که بدون ایجاد عوارض (مانند تحلیل ریشه) باعث پاسخ مطلوب گردد. متاسفانه در مورد نیروی موثر، اطلاعات کافی وجود ندارد Quinn و Yoshikawa یک مدل تئوری با خصوصیات نیروی موثر را، تشریح نمودند. این مدل رابطه بین حرکت دندانها و مقدار نیرو به صورت خطی را، نشان می‌دهد، با افزایش نیرو، حرکت دندانی افزایش می‌یابد. مدل دیگری، رابطه بین آستانه تحریک و حرکت دندان را، نشان می‌دهد. حرکت دندان بستگی

به مقدار نیرو، نسبت به آستانه تحریک دارد. در صورتیکه آستانه تحریک مشخص شود، حرکت دندان با میزان ثابتی، بدون توجه به افزایش مقدار نیرو، به دست می‌آید.

اگر بتوان مقدار نیروی ایجاد شده به وسیله دستگاه ارتودنسی را، برای هر بیمار در حین درمان، به طور صحیح اندازه‌گیری و آن را تجویز نمود، گامی بزرگ در موفقیت درمان برداشته شده است. مقدار نیروی تولید شده به وسیله تعدادی از دستگاههای ارتودنسی اندازه‌گیری شده است. از آنجائیکه نیروی مورد نیاز برای انواع حرکتهای دندانی هنوز معلوم نمی‌باشد، توصیه مقادیر مشخص نیرو از اعتبار کافی برخوردار نیست. اطلاع از مقدار نیروی دستگاه‌های ارتودنسی روی دندانها در جهت ارزیابی نیروی موثر، ضروری است[۱۰،۱۵،۱۶،۱۸].

تعداد واحدهای تکیه گاه

بهترین روش برای تقویت تکیه‌گاه، افزایش تعداد دندانها است. افزایش تعداد دندانها منجر به پخش عکس‌العمل نیروهای ارتودنسی در سطوح بیشتری از ریشه‌ها می‌گردد. این عامل منجر به کاهش فشار و یا تغییرات در ساختمانهای فضای پریودنتال، در مجموعه تکیه‌گاه می‌گردد.

بر اساس اطلاعات موجود، نسبت حرکت دندانی به میزان نیرو بستگی دارد، به طوریکه افزایش مقدار نیرو منجر به افزایش حرکت دندان می‌گردد. حرکت دندانها، بعد از رسیدن مقدار نیرو به حد آستانه شروع می‌شود. با توجه به اینکه رابطه بین مقدار نیرو و حرکت دندانها هنوز نامشخص است، لذا کنترل تکیه‌گاه با این روش باید با احتیاط مورد توجه قرار گیرد.

سیستم نیروهای افتراقی - نیروها و گشتاورهای مختلف

سیستم نیروی یک دستگاه ارتودنسی، نوع حرکت دندانی را، تعیین خواهد کرد. نیروها در سه بعد فعالیت دارند (حرکت نوع اول، دوم و سوم). بیشترین نگرانی در مرحله بستن فضا در حرکت نوع دوم یا وضعیت قدامی خلفی می‌باشد. در این نما، مؤلفه‌های سیستم نیرو در شکل ۱۰-۱۱ نشان داده می‌شود که شامل موارد زیر است[۱-۸].

گشتاور آلفا

این گشتاور روی دندانهای قدامی عمل می‌نماید (غالبا باعث Torque دندانهای قدامی می‌شود.)

گشتاور بتا

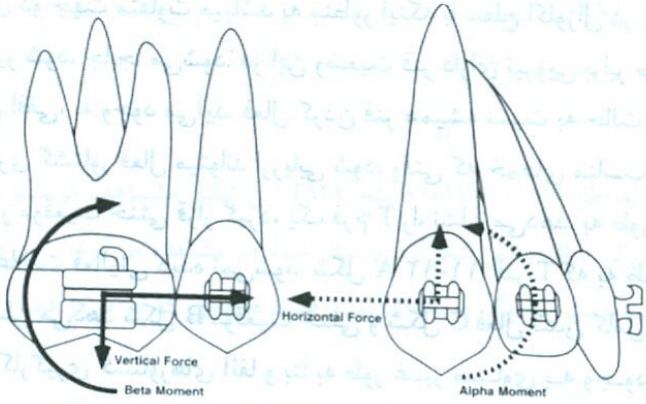
این گشتاور روی دندانهای خلفی عمل می‌نماید. Tip back که بر روی دندان مولر در نظر گرفته می‌شود این گشتاور را، افزایش می‌دهد.

نیروهای افقی

این نیروها در جهت قدامی خلفی، روی دندانها عمل می نمایند. نیرویی که روی دندانهای قدامی به طرف دیستال اثر می‌کند، از نظر مقدار با نیروی مزیالی که روی دندانهای خلفی اثر می‌کند برابر است، ولی جهت آن مخالف است.

نیروهای عمودی

این نیروها به صورت intrude و extrude کننده بر روی دندانهای قدامی و خلفی اعمال می‌گردند. به طور کلی این نیروها بر اثر عدم تساوی گشتاورهای آلفا و بتا به وجود می‌آیند. وقتی که گشتاور بتا بیشتر از گشتاور آلفا باشد، یک نیروی intrude کننده بر روی دندانهای قدامی و نیروی extrude کننده بر روی دندانهای خلفی ایجاد می‌شود. وقتی گشتاور آلفا بیشتر از بتا باشد، نیروی extrude کننده روی دندانهای قدامی عمل می‌کند و نیروی intrude کننده روی دندانهای خلفی موثر واقع می‌شود. مقدار نیروی عمودی بستگی به اختلاف بین گشتاورها و فاصله بین براکتها دارد، گشتاور بزرگتر در سمت فاصله کمتر خم وایر و محل اتصال ایجاد می‌شود. (برابر شدن تفاوت گشتاورهای آلفا و بتا).



شکل ۱۰-۱۱ : مؤلفه‌های موجود برای بستن فضا در این شکل مشاهده می‌شود. نیروها و گشتاورهای اعمال شده در روی دندانهای قدامی با بردارهای نقطه‌چین نمایش داده شده است. نیروها و گشتاورهای اعمال شده در روی دندانهای خلفی با بردارهای توپر نشان داده شده است. گشتاور آلفا از نظر مقدار کوچک‌تر از گشتاور بتا است. بدین ترتیب نیروهای عمودی در روی دندانهای قدامی به صورت intrude کننده و در روی دندانهای خلفی به صورت extrude کننده می‌باشند. اگر گشتاور آلفا بیشتر از بتا باشد، نیروهای عمودی در مسیر مخالف اعمال می‌گردند.

بستن فضاهای دندان خارج شده به روش SEGMENTAL EN-MASSE

تکنیک قسمتی segmented که توسط Burstone مطرح گردید[۱-٤]، از فنر T-Loop برای حرکت دندانهای قدامی به طرف عقب، بستن فضا به طور قرینه، یا حرکت دندانهای خلفی به طرف جلو، استفاده می‌شود. تکنیک T-Loop قسمتی، که توسط Burstone و همکارانش در دانشگاه Connecticut تشریح گردید، یکی از متنوع‌ترین تکنیک‌های موجود برای بستن فضاهای باقیمانده به حساب می‌آید[۱۳،۱۷].

یکی از اصول تکنیک قسمتی در نظر گرفتن دندانهای قدامی و خلفی به عنوان یک واحد بزرگ دندانی است. هر قسمت باید با قرار دادن وایر چهارگوش با قطر زیاد در براکتها، برای بستن فضا آماده گردد. قسمت راست و چپ دندانهای خلفی توسط transpalatal arch یا lingual arch به یکدیگر متصل می‌شوند و باعث ایجاد یک مجموعه خلفی بزرگ می‌گردند.

شکل اساسی فنر T-Loop درشکل ۱۱-۱۱ A، B نشان داده شده است. این طرح با وایر TMA ۰/۰۱۷ × ۰/۰۲۵ اینچ به کار می‌رود. شکل ۱۱-۱۱ A وایر T-Loop بدون خم قبل از فعالیت را، نشان می‌دهد. شکل ۱۱-۱۱ B شکل فنر را، قبل از قرار دادن در محل نشان می‌دهد.

اصول کلی در استفاده از T-Loop قسمتی

طراحی دستگاه، نیاز به شناخت فرم غیر فعال و شیوه فعال کردن فنر دارد. شکل B ۱۱-۱۱ فرم غیر فعال T-Loop را،نشان می‌دهد. در حالت غیر فعال، هیچ گونه نیرو یا گشتاور در فنر وجود ندارد. فعال کردن فنر، احتیاج به اعمال نیرو یا گشتاور به منظور قرار دادن فنر در داخل تیوب یا براکت دارد. فنر در حالت فعال باعث ایجاد نیرو بر روی دندانها می‌گردد.

در حین استفاده از T-Loop در بستن فضا موقعیت خنثی فنر (netural position) باید مورد توجه قرار گیرد(۱-٤). موقعیت خنثی با استفاده از گشتاور فعال کننده فنر، بدون نیروی افقی به وجود می‌آید. به عبارت دیگر، امتداد قسمت قدام و خلف فنر که دارای دو جهت متفاوت میباشد به منظور اینکه با سطح اکلوزال در یک امتداد قرار گیرد، تا در تیوب و براکت مولر، درگیر شود، جابجا می‌شود. در این وضعیت فنر دارای نیرویی برابر صفر در جهت افقی می‌باشد. با باز کردن T-Loop نیروی افقی، به وجود می‌آید. فعال کردن فنر همیشه نسبت به حالت خنثی باید مد نظر قرار گیرد. بطوریکه فقط با به کارگیری گشتاور فعال میتواند ارزیابی شود. وقتی که خم‌های مناسب از قبل داده شده در فنر ایجاد گردد، به طوری که فنر در موقعیت خنثی قرار گیرد، یک فرم T را، نشان می‌دهد. به طور ساده، با مشاهده شکل فنر (به صورت T) هیچ گونه علامت فعالیتی دیده نمی‌شود. شکل A ۱۲-۱۱، فنر T که به طور غیر فعال در تیوب کمکی قرار داده شده است را، نشان می‌دهد شکل B موقعیت خنثی و شکل C فعال شدن کامل فنر را، نشان می‌دهد.

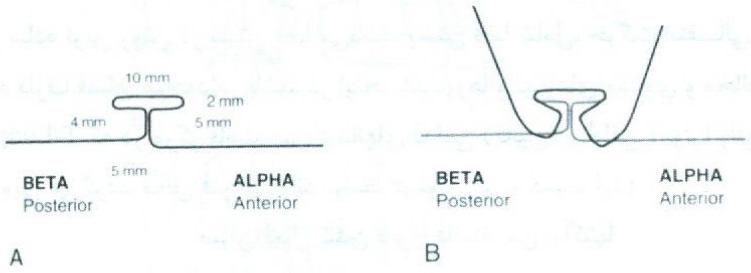
تکیه‌گاه افتراقی با به کارگیری گشتاورهای آلفا و بتا به طور غیر مساوی به وجود می‌آید. گشتاور زیادتر روی دندانهای تکیه‌گاه به کار می‌رود. گشتاور افتراقی با به کارگیری اصل دور بودن از مرکز خم (off-center) به دست می‌آید. خم دور از مرکز V، در وایر باعث ۲ گشتاور نامساوی میشود. هر چه خم به دندان یا مجموعه دندانها نزدیک‌تر باشد، در آنجا گشتاور بیشتر می‌شود. یک مدل ساده برای تصور این سیستم نیرو، توجه به طول وایر نسبت به موقعیت قله خم V تا براکت یا تیوب است. هر چه قله به براکت نزدیک‌تر باشد، وایر کوتاهتر است. هر چه فاصله قله تا براکت بیشتر باشد، طول وایر بیشتر است. وایر کوتاهتر، گشتاور بیشتری نسبت به وایر بلندتر، به وجود می‌آورد. بنابراین، گشتاور بزرگتر در براکت نزدیک‌تر به خم V اعمال می‌شود. در صورتی که، در براکت دورتر از خم V، گشتاور کمتری اعمال می‌گردد.

T-Loop قسمتی مشابه شکل V است. قرار دادن V در وسط فاصله بین دندانهای قسمت قدام و خلف دو گشتاور مساوی و در خلاف جهت یکدیگر ایجاد میکند. قرار دادن لوپ با فاصله مختصری از مرکز، نسبت به قسمت قدام و خلف، باعث ایجاد گشتاور نامساوی می‌گردد. فنر بایستی به دندانهای تکیه‌گاه نزدیک‌تر باشد. در درمانهای ارتودنسی فنر باید به میزان یک تا دو میلیمتر نزدیک‌تر به یک طرف قرار گیرد، تا بتواند گشتاورهای افتراقی را، به وجود آورد.

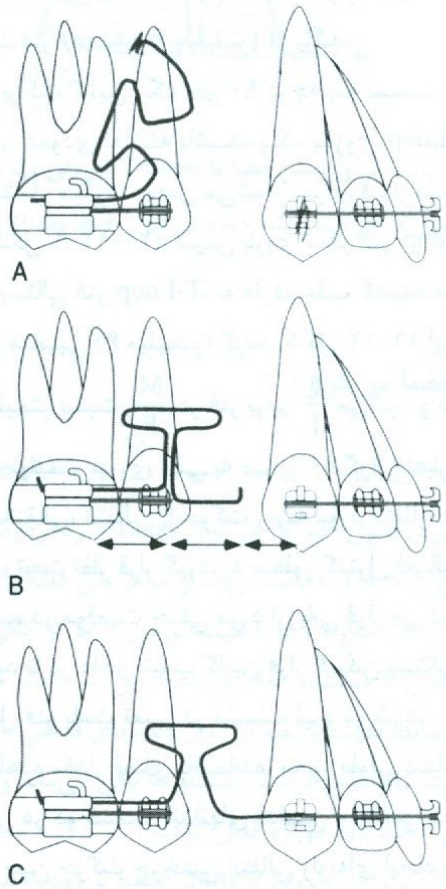
موقعیت خم V باعث ایجاد تغییرات قابل توجهی در مقدار گشتاور، بخصوص وقتی که فاصله بین براکتها کم است، می‌شود. یکی از مزایای T-Loop قسمتی، در استفاده از فاصله زیاد بین براکتها است، که باعث می‌شود این فاصله برای رفع خطای مربوط به محل قرار گیری فنر، استفاده شود. برای مثال خطای یک میلیمتر در فاصله ۲۰ میلیمتری بین براکتها، کمتر از همان خطا در فاصله ۱۰ میلیمتری است.

T-Loop مورد بحث طوری طراحی شده است که تا حدود ۶ میلیمتر بتوان آن را، فعال کرد. در مواقعی که لوپ به مقدار ۶ میلیمتر فعال می‌گردد، حرکت دندانها در ۳ مرحله اتفاق می‌افتد که به صورت حرکت انتقالی چرخشی، حرکت انتقالی و حرکت ریشه است. (شکل ۱۳-۱۱). برای حفظ قرینگی، با قرار دادن فنر در مرکز، نسبت $\frac{M}{F}$ در نیرویی که به دندان وارد می‌شود برابر $\frac{6}{1}$ است. لذا دندانهای قدامی و خلفی بطرف فضای موجود حرکت چرخشی انتقالی خواهند

داشت. با کاهش فعالیت فنر به میزان ۲ میلیمتر یا بسته شدن فضا بـه همیـن مـیزان، (فعـالیت فـنر فقـط ۴ میلیمـتر می‌باشد) نسبت $\frac{M}{F}$ به میزان $\frac{10}{1}$ افزایش می‌یابد و منجر به حرکت انتقالی می‌شود. با ۱ یا ۲ میلیمتر بسته شدن فضا (فعالیت فنر ۲ تا ۳ میلیمتر می‌باشد) نسبت $\frac{M}{F}$ به میزان $\frac{12}{1}$ و یا بیشتر می‌گردد. نسبت زیاد $\frac{M}{F}$ منجر بـه حرکـت ریشه می‌گردد. بعد از اینکه سه مرحله حرکت دندانی ایجاد گردید، فنر نیاز به فعال کردن مجدد دارد.



شکل ۱۱-۱۱ : طرح فنر T-Loop به قطر ۰/۰۲۵ × ۰/۰۱۷ اینچ TMA این شکل مشـاهده می‌شـود.A در ایـن شـکل فـرم استاندارد فنر بدون خم مشاهده می‌گردد.B در این شکل، فرم فعال شده فنر مشاهده می‌گردد. این فنر برای ایجـاد گشـتاور آلفا و بتا به میزان برابر و در خلاف جهت یکدیگر در خلال بستن فضا، هنگامی که در مرکز فضای دندان کشیده شده قرار می‌گیرد، طراحی شده است.



شکل ۱۲-۱۱: در این شکل وایر، T-Loop قسمتی به قطر ۰/۰۲۵ × ۰/۰۱۷ اینچ TMA مشاهده می‌گـردد. A ، T-Loop بـه صورت غیر فعال در درون تیوب کمکی مولر اول قرار دارد. . B در این شکل موقعیت خنثـی T-Loop مشـاهده می‌شـود،

متخصص ارتودنسی با قرار دادن فنر در سطح اکلوزال از گشتاورهای فعال در فنر استفاده می‌نماید. در این موقعیت، نیروی افقی در فنر اعمال نمی‌گردد. C، در این شکل قرار گیری کامل فنر T-Loop در تیوب عمودی کانین یا در قسمت قدامی وایر مشاهده می‌شود.

بستن فضا به طور قرینه - تکیه‌گاه گروه B

تکیه‌گاه B به عنوان ساده ترین روش در بستن فضا می‌باشد. بستن فضا شامل، حرکت انتقالی دندانهای قدامی و خلفی به طور مساوی، به طرف فضای موجود می‌باشد. در اینجا گشتاورها و نیروهای مساوی و مخالف یکدیگر به کار برده می‌شوند. یک فنر T-Loop که در مرکز فاصله بین دندانهای قدامی (کانین) و خلفی (مولر) واقع شده است، باعث ایجاد چنین سیستم نیرویی می‌گردد. محل فنر می‌تواند توسط فرمول زیر به دست آید).

$$\text{محل فنر} = \frac{\text{میزان فعال شدن فنر - فاصله بین براکتها}}{۲}$$

منظور از محل فنر، فاصله بازوهای قدامی و خلفی است (یعنی، فاصله از مرکز خم T-Loop تا تیوب مولر و براکت کانین می‌باشد).

منظور از فاصله بین براکتها، فاصله بین براکت کانین تا تیوب مولر است.

منظور از فعالیت، مقدار فعالیت فنر (همیشه ۶ میلیمتر) می‌باشد.

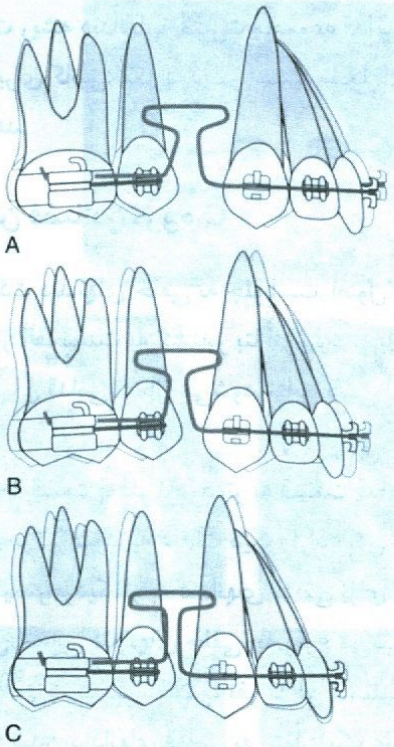
با استفاده از شیار عمودی در براکت کانین، یک خم ۹۰ درجه به سمت لثه، در فاصله مناسب روی فنر ایجاد می‌شود، اگر براکتهای کانین، تیوب عمودی نداشته باشد، یک بازوی T-Loop، به تیوب افقی و عمودی متقاطع قفل‌شونده، که به قسمت قدامی متصل میگردد، وصل می‌شود. برای قرار دادن فنر T-Loop یکی از بازوهای آن در تیوب کمکی مولر قرار می‌گیرد (شکل ۱۲-۱۱ A). سپس بازوی دیگر فنر T-Loop با خم ۹۰ درجه، در تیوب عمودی کانین قرار داده می‌شود. انتهای دیستالی فنر T-Loop، به طرف عقب کشیده می‌شود، تا اینکه بازوی خلفی به طول لازم برسد و منجر به ایجاد نیروی مناسبی (۶ میلیمتر) گردد. شکل ۱۲-۱۱ این حالت را، نشان می‌دهد.

با باز شدن فنر به میزان ۶ میلیمتر نسبت $\frac{M}{F}$ در فنر برابر $\frac{6}{1}$ می‌شود و باعث ایجاد نیروی افقی ۳۲۰ تا ۳۴۰ گرم می‌گردد. با بسته شدن فنر در هر میلیمتر نیروی افقی به میزان ۶۰ گرم کاهش می‌یابد. بر اساس مطالب فوق‌الذکر حرکت دندان به صورت چرخشی انتقالی، انتقالی یا حرکت ریشه مورد انتظار است (شکل ۱۳-۱۱ A - C).

بستن فضا باید به طور متناوب تحت نظر قرار گیرد. به منظور کنترل فعالیت باقیمانده فنر، فنر از تیوب کانین برداشته می‌شود، و فعالیت باقیمانده در موقعیت خنثی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. فعال کردن، به مقدار فاصله‌ای که وایر در جهت مزیالی جابجا می‌شود تا در داخل تیوب کانین قرار گیردن بستگی دارد. فنر غیر فعال باید مورد ارزیابی واقع شود، چون تغییر فرم در شکل فنر باعث تغییر در سیستم نیرو می‌شود.

پیشرفت در بستن فضا، با مشاهده مقدار فضای باقیمانده، محور طولی دندانهای قدامی و خلفی، و روابط اکلوزالی ارزیابی می‌گردد. چون محور طولی هر دو قسمت دندانهای قدامی و خلفی به سوی یکدیگر tip می‌شوند، بنابراین سطوح اکلوزال این دو قسمت در حین حرکت چرخشی انتقالی زاویه‌ای ایجاد می‌کنند. این زاویه با حرکت ریشه‌ها، تصحیح می‌گردد. وقتی ۲ پلان اکلوزال قدامی و خلفی موازی شدند، فعالیت مجدد فنر مورد نیاز است (شکل ۱۳-۱۱). میزان فعال کردن مجدد فنر، بستگی به مقدار فضا دارد.

شکل A-S ۱۴-۱۱، یک نمونه بیمار که در تکیه‌گاه B برای بستن فضا درمان شده است را، نشان می‌دهد. شکل A-۱۱-۱۵M یک نمونه کلینیکی بستن فضا بـه کمـک T-Loop را، نشـان می‌دهـد. شـکل G ۱۵-۱۱ اسـتفاده از Cl III مکانیک همراه با T-Loop برای بستن فضا در گروه C را، نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۱۱ : این شکل مراحل حرکات دندان برای بستن فضا با T-Loop قسمتی را، نشان می‌دهد. در شکل A، حرکـت چرخشی انتقالی در B، حرکت انتقالی و در C، حرکت ریشه دیده می‌شود. فقط بعد از اینکه حرکت ریشه انجـام گردیـد، لازم است که فنر دوباره فعال گردد.

حداکثر تکیه‌گاه خلفی یا بستن فضا در گروه A

اصول بیومکانیکی برای بستن فضا در این گروه، با افزایش نسبت $\frac{M}{F}$ در دندانهای خلفی در مقایسه بـا نسـبت $\frac{M}{F}$ ناحیه قدامی به دست می‌آید. با به کارگیری اصول خم V، می‌توان T-Loop را، نزدیک‌تر به دندانـهای خلفـی یـا تیـوب مولر قرار داد (شکل ۱۶-۱۱). قرار گرفتن T-Loop با فاصله زیاد، از مرکز بین دندانهای قدامی و خلفی، به منظور ایجـاد گشتاورهای نامساوی ضروری نیست. در بیشتر موارد ۱ یا ۲ میلیمتر دور از مرکز کافی است.

برای بستن فضا در گروه A فنر به میزان ۴ میلیمتر فعال می‌شود. این امر باعث کاهش نیروی افقی می‌گردد، بـدون اینکه اثری در اختلاف گشتاورها، ایجاد نماید، سیستم نیرو بر روی دندانهای قدامی باعث حرکت چرخشی انتقالی مـورد نظر می‌شود. در حالیکه فضا بسته می‌شود، تفاوت موجود در گشتاورها باقی می‌ماند و فعالیت فنر کاهش می‌یابد. فنر در موقعی که ۲ میلیمتر یا کمتر از آن فعال است، باید دوباره فعال گردد.

چون گشتاور بتا بیشتر از گشتاور آلفا است. لذا نیروی intrude کننده بر روی دندانهای قدامی اثر می‌کند، این نـیرو باعث تشدید تمایل حرکت چرخشی انتقالی می‌گردد و در نتیجه شیب سطح اکلوزال قدامی بیشتر می‌شود. بـه همیـن

ترتیب، افزایش گشتاور بتا باعث می‌گردد که سطح اکلوزال خلفی شیب‌دار گردد. وجود یک نیروی افقی مناسب باعث کاهش چنین عوارضی می‌گردد. سطح اکلوزال خلفی با استفاده از هدگیر پس سری می‌تواند تحت کنترل قرار گیرد.

به احتمال زیاد اصلاح موقعیت ریشه‌ها در بستن فضا، در گروه A، لازم خواهد بود. اصلاح وضعیت ریشه‌ها بستگی به نیاز هر بیمار دارد. تصحیح موقعیت ریشه دندانها به صورت مجموعه قدامی در مقابل مجموعه خلفی یا به صورت مجموعه دندانهای قدامی یا جداگانه برای کانین امکان پذیر است. شکلهای A-P ۱۷-۱۱ و A-S ۱۸-۱۱ دو مثال از بستن فضا در گروه A را، نشان می‌دهد.

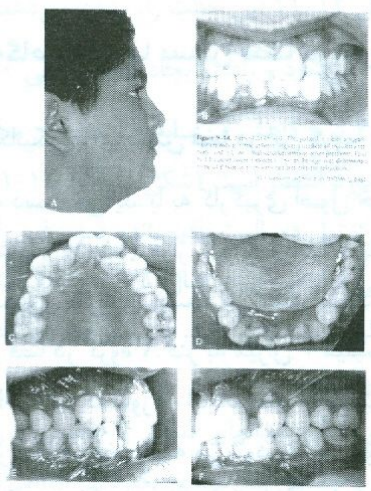
حداکثر تکیه‌گاه قدامی یا بستن فضا در گروه C

مشکلترین حالت بستن فضا، حرکت دندانهای خلفی به جلو است. اصول بیومکانیک در این گروه بر خلاف بستن فضا در گروه A است. در اینجا گشتاور آلفا نسبت به گشتاور بتا افزایش می‌یابد. عارضه افزایش گشتاور آلفا، نیروی extrudeکننده‌ای است که روی دندانهای قدامی اعمال می‌شود. نتایج ناشی از این نیروی extrusive است، که باعث عمیق شدن بایت بیمار می‌گردد.

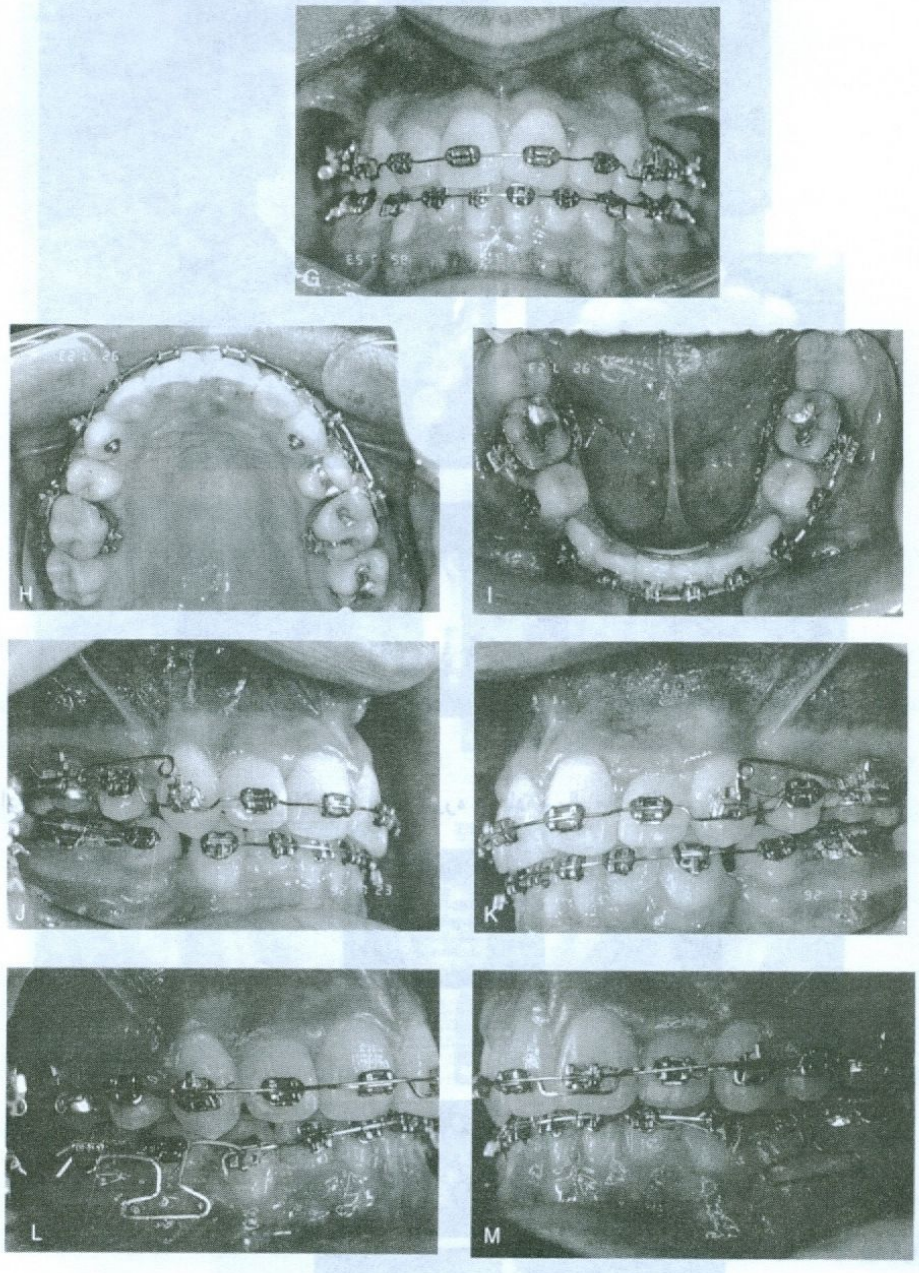
در بستن فضای گروه C با T-Loop قسمتی، فنر نزدیک‌تر به قسمت قدامی قرار می‌گیرد. در اینجا ضروری است که وایر کاملا در براکتهای قسمت قدامی درگیر شود. به عبارت دیگر، آزاد بودن وایر در براکت کارآیی گشتاورهای افتراقی را، کاهش می‌دهد. لوپ یک تا دو میلیمتر نزدیک‌تر به دندانهای قدامی برای ایجاد گشتاورهای افتراقی کافی می‌باشد.

بستن فضا بعد از حرکت چرخشی انتقالی دندانهای خلفی، به وقوع می‌پیوندد. برای کاهش نیروهای افقی، فعال کردن لوپ به اندازه ۴ میلیمتر توصیه می‌شود. فنر بایستی، تقریبا هر ۲ میلیمتر یکبار فعال شود.

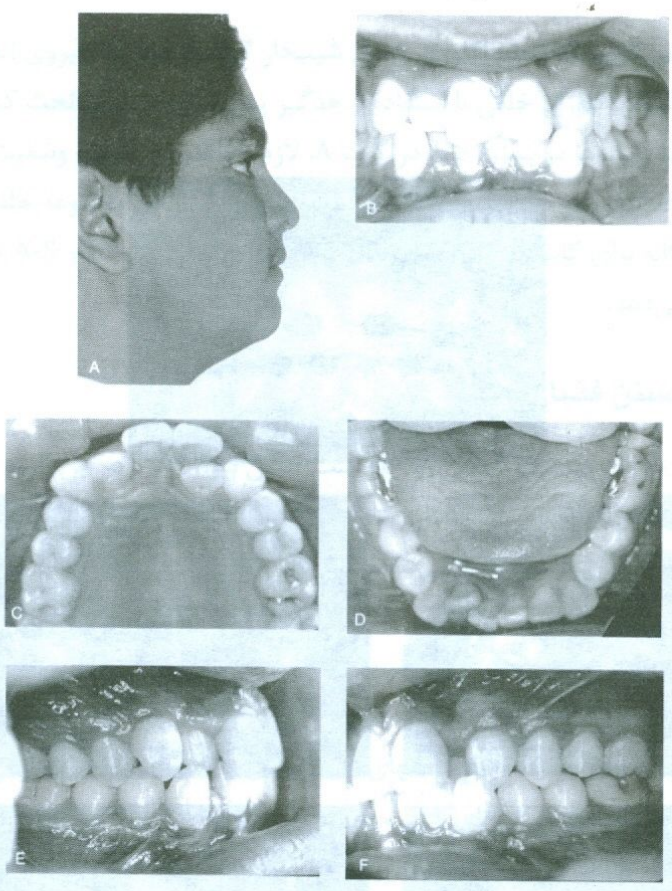
از دست دادن تکیه‌گاه و extrude شدن دندانهای قدامی به عنوان یک عارضه است که باید مورد توجه قرار گیرد. برای جلو آوردن مولرهای فک پایین کشهای Cl II از کانین فک بالا تا مولر پایین باعث افزایش نیروی موثر روی دندانهای خلفی پایین می‌گردد. همانگونه که شکل ۱۴G-۱۱ نشان میدهد کش Cl III در حرکت دادن دندانهای خلفی فک بالا به سمت جلو کمک می‌نماید[۳،٤،۱۷]. به طریقه دیگر، Protraction Header ممکن است برای حرکت دندانهای خلفی بالا به کار رود، گر چه کاربرد آن سئوال برانگیز می‌باشد.



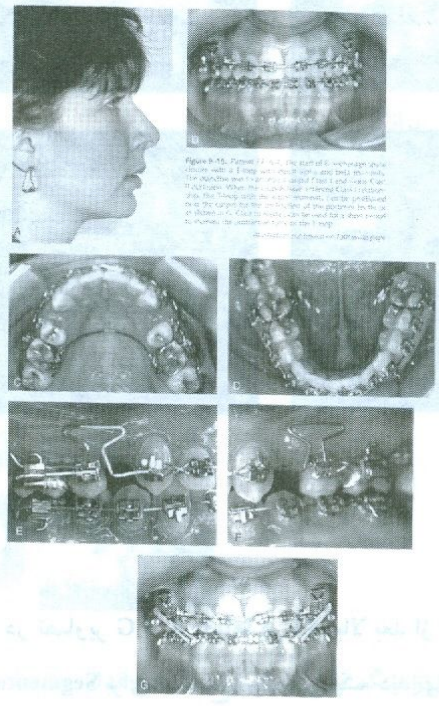
شکل ۱٤-۱۱ : در این بیمار از شکل A تا F کراودینگ قابل توجه‌ای در ناحیه قدام، مشاهده می‌شود، که همراه، کراس بایت دندانهای لتزال فک بالا و مال اکلوژن Cl I می‌باشد. ٤ پره مولر اول خارج شدند. تصمیم گرفته شد که تکیه‌گاه از نوع B باشد، چون حداقل عقب بردن دندانهای قدامی لازم است.



شکل ۱۴-۱۱ (ادامه شکل قبل) : در تصاویر G تا K فضاها در فک بالا بعد از استفاده T-Loop کاملا بسته شده است. در تصاویر J و K فنر Segmental uprighting برای تصحیح موقعیت ریشه دندانهای قدامی که به صورت یک مجموعه می‌باشد، مشاهده می‌گردد. در فک پایین مقداری فضا در ناحیه دندان خارج شده مشاهده می‌شود. در تصاویر L و M یک T-Loop از نوع تکیه‌گاه B به صورت قرینه برای بستن فضای باقیمانده به کاربرده شده است.

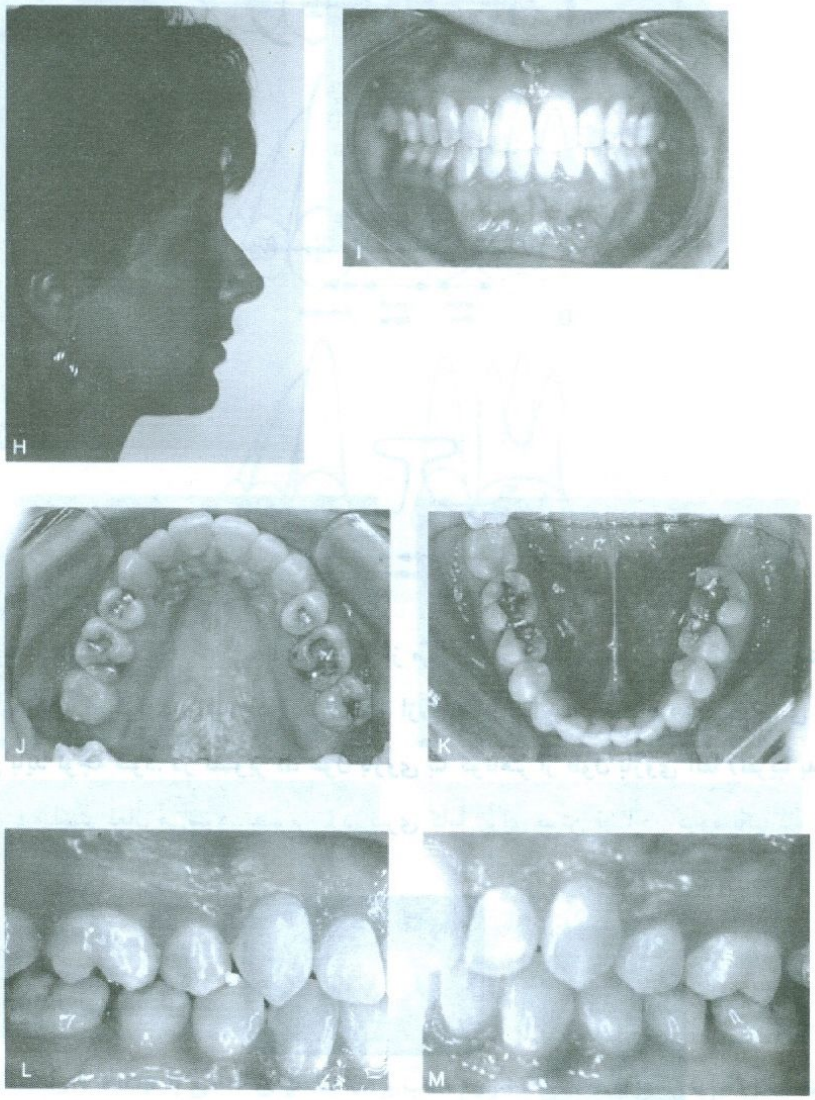


شکل ١٤- ١١ (ادامه شکل قبل) : در تصاویر N تا S پایان دوره درمان بیمار ملاحظه می‌گردد.



شکل ١٥-١١: در تصاویر A تا F بستن فضا در گروه تکیه‌گاه B با T-Loop، به همراه گشتاورهای آلفا و بتای مساوی مشاهده می‌شود. هدف درمان ایجاد رابطه Cl I در کانین و ایجاد رابطه Cl II در مولر است. وقتی کانین‌ها به رابطه Cl I

می‌رسند، T-Loop به منظور جلو آوردن دندانهای خلفی، نزدیک‌تر به کانین قرار داده می‌شود یا همانگونه که در شکل G نشان داده شده است کش Cl III برای مدت کوتاه به منظور افزایش نیروی جلوآورنده T-Loop به کار برده می شود.



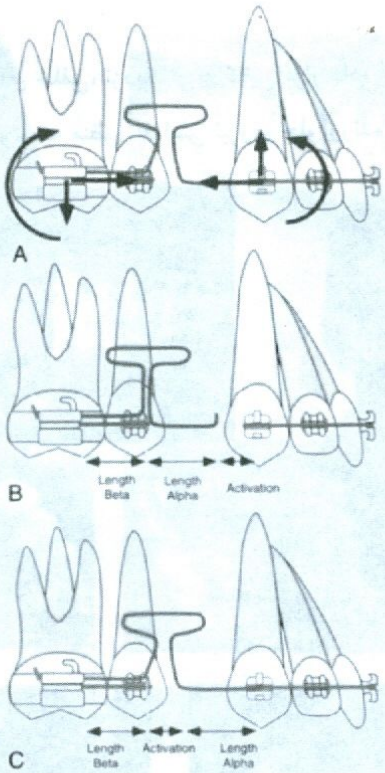
شکل ۱۵-۱۱ (ادامه شکل قبل) : در تصاویر H تا M پایان دوره درمان ملاحظه می‌گردد.

کنترل عوارض جانبی در خلال بستن فضا

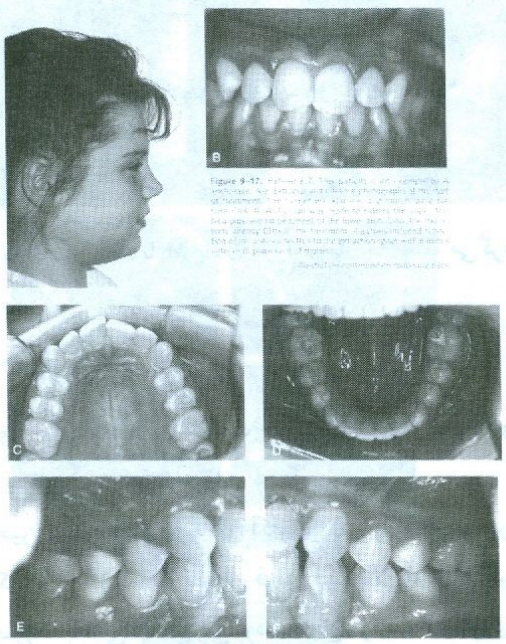
مطالب فوق‌الذکر بیشتر بر روی سیستم نیرو که باعث حرکت دندانی از نوع دوم میشود، متمرکز گردیده است. تشخیص ۳ بعد سیستم نیرو، به منظور پیش‌بینی درمان، مشکل است.

مهمترین عارضه جانبی در حین بستن فضا، در نمای اکلوزال (در رابطه با حرکت دندانی از نوع اول)، چرخش دندانهای مولر یا کانین است. شکل ۱۹-۱۱ نمای اکلوزال قوس فک بالا را، نشان میدهد. نیروی افقی نسبت به مرکز مقاومت دندان کانین و مولر به صورت باکالی اعمال می‌گردد. بدین ترتیب گشتاوری ایجاد می‌شود که باعث می‌گردد مولر اول در جهت Mesial-in و کانین در جهت distal-in چرخش یابد.

کنترل چرخش مولر به راحتی با Palatal arch یا Lingual arch انجام پذیر است. ارتباط محکم دو طرفه مولرها باعث خنثی کردن این عارضه چرخشی می‌گردد. این حالت در شکل ۲۰-۱۱ نشان داده شده است.

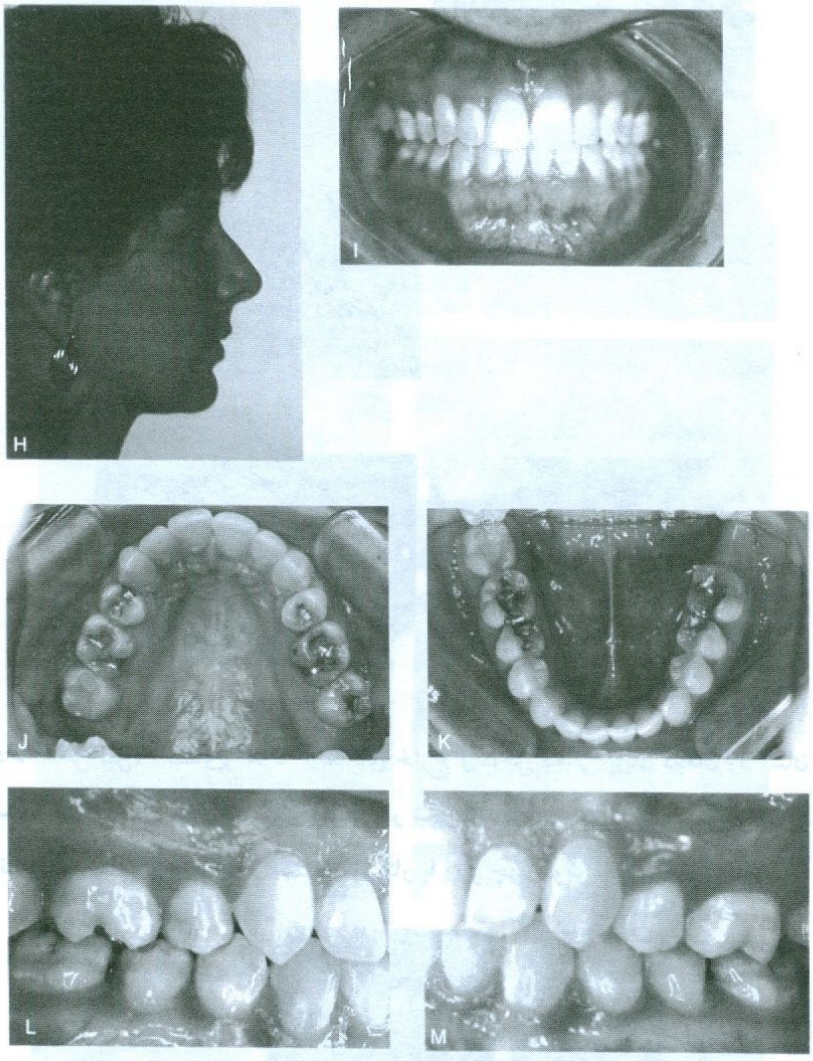


شکل ١٦-١١ : در بستن فضا در گروه A فنر T-Loop دور از مرکز واقع شده است. در تصویر A، سیستم نیرو به منظور بستن فضا در گروه A، باید به گونه‌ای باشد، که گشتاور بتا، از گشتاور آلفا بیشتر شود. به نیروهای عمودی همراه با گشتاورهای افتراقی باید توجه شود. در تصویر B، طول بازوی بتا کوتاهتر از طول بازوی آلفا (تقریبا به اندازه ۲ میلیمتر) است و فنر به میزان ٤ میلیمتر فعال می‌شود. تصویر C درگیری کامل برای بستن فضا در گروه تکیه‌گاه A را، نشان میدهد.

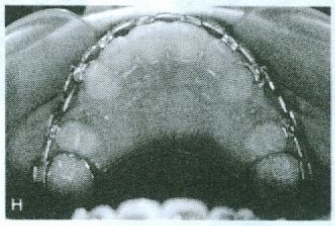


شکل ١٧-١١ : در این بیمار تکیه‌گاه A به کاربرده شده است. تصاویر A تا F فتوگرافیهای داخل و خارج دهانی را در شروع درمان نشان می‌دهد. overjet بیمار ٦ میلیمتر است و رابطه مولرها به صورت Cl II کامل است. طرح درمان شامل

خارج کردن پره مولرهای اول فک بالا و عدم درمان برای فک پایین میباشد. رابطه مولرها به صورت Cl II ختم می‌گـــردد. اهداف درمان شامل عقب بردن دندانهای قدامی به فضای دندان خارج شده با حداقل جابجایی به طـرف جلـو در مولرهـا می‌باشد.



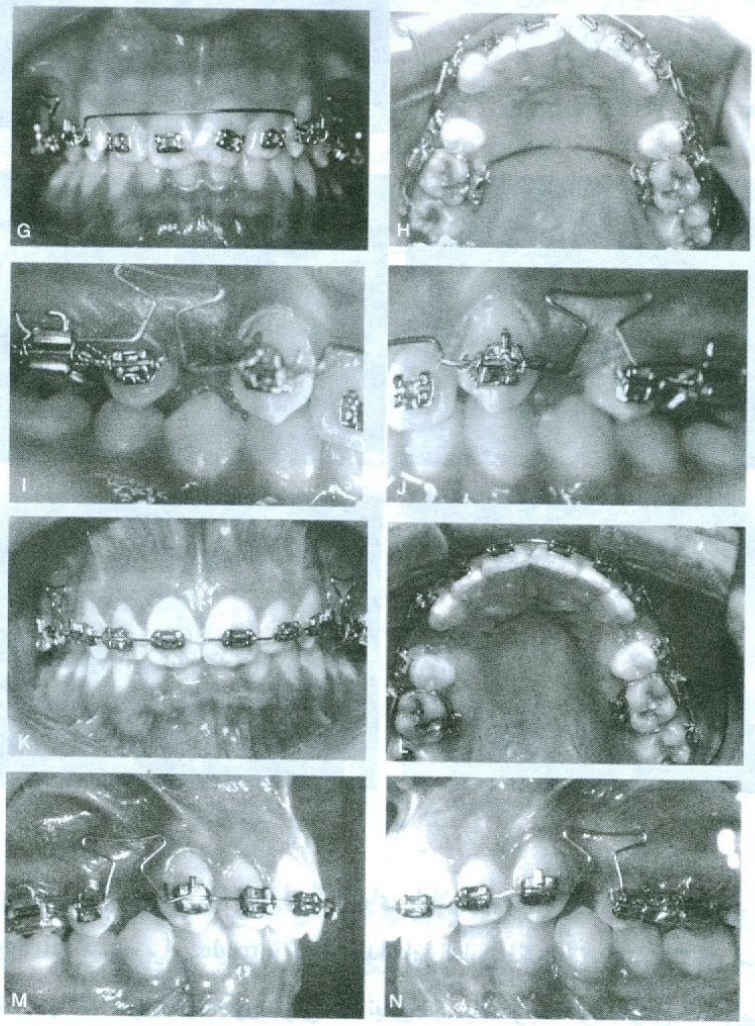
شکل ۱۷-۱۱ : (ادامه شکل قبل) : تصاویر G تا J شروع عقب بردن دندانهای قدامی با T-Loop را، نشان می‌دهد. خم‌هـای داده شده در T-Loop به علت اینکه فنر نسبت به مرکز در جهت قدامی واقع شده است، شامل خم کـــوچـک آلفـا و خـم بزرگ بتا است. این لوپ می‌تواند به مولر نزدیک‌تر شود اما خم‌های آلفا و بتا باید همانگونه که مطرح شد، برابر باشد. بـــه درگیری وایر در براکت دندانهای قدامی و خلفی و وجود palatal arch قبل از شروع عقب بردن دندانها توجه شود.



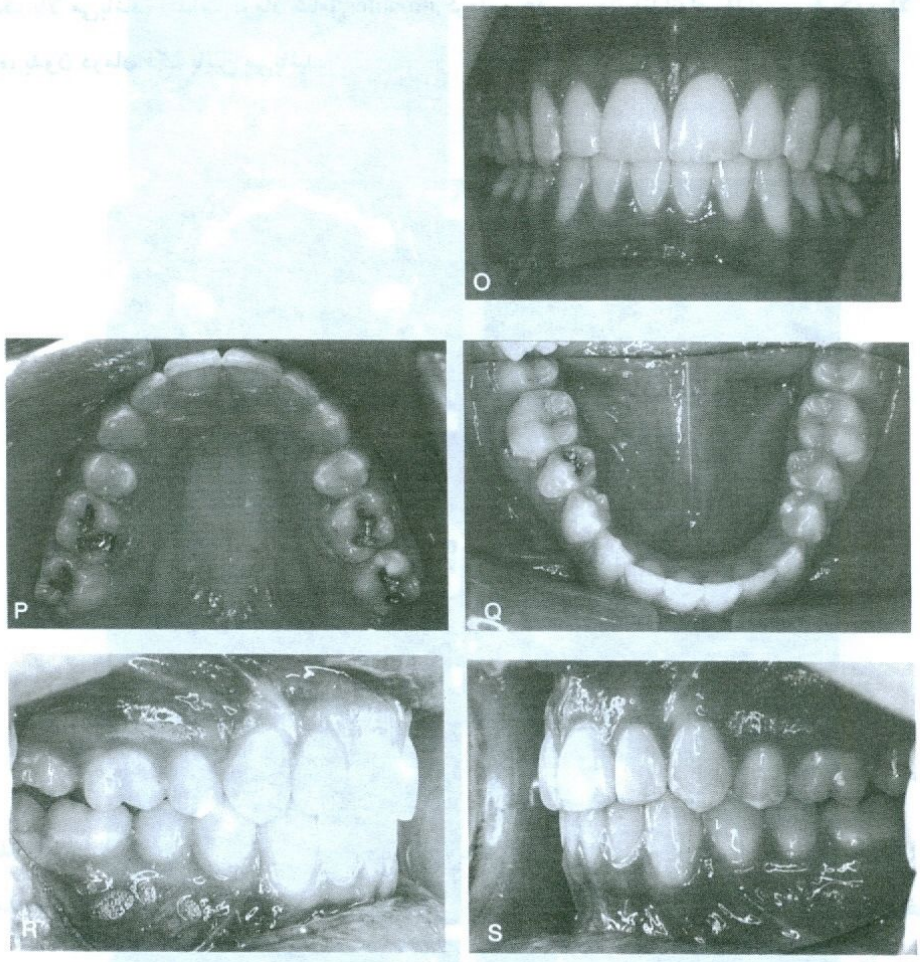
شکل ۱۷-۱۱ : (ادامه شکل قبل) : تصاویر K تا P نماهای خارج و داخل دهانی پایان درمان را، نشان می‌دهد. تکیه‌گاه به طور کامل حفظ شده است و عقب بردن دندانهای قدامی در شرایط ماکزیمم تکیه‌گاه فقط با فعال کردن مجدد T-Loop در مدت ۷ ماه بدون تصحیح ریشه‌ها انجام شده است. اتمام کار با وایر چهارگوش انجام گرفته است.

شکل ۱۸-۱۱ : تصاویر A تا F بیماری را با وجود تکیه‌گاه A نشان می‌دهد. در این بیمار، مقادیر قابل توجهی overbite و کراودینگ در دندانهای قدامی فک بالا وجود دارد. رابطه مولرها کاملا Cl II است. طرح درمان شامل خارج کردن پره

مولرهای اول فک بالا می‌باشد. اهداف درمان شامل intrude کردن و عقب بردن دندانهای قدامی فک بالا به صورت حداکثر تکیه‌گاه، بدون درمان فک پایین می‌باشد.



شکل ۱۸-۱۱ : (ادامه شکل قبل) : در تصاویر G تا J با bypass کردن دندانهای قدامی، عقب بردن کانین‌ها توسط T-Loop، به منظور ردیف شدن دندانهای قدامی و سپس عقب بردن به صورت یک مجموعه (en-mass) در دندانهای قدامی، انجام می‌گیرد. این روش از flaring دندانهای قدامی قبل از عقب بردن آنها، جلوگیری می‌نماید. در تصاویر K تا N یکپارچه شدن دندانهای قدامی به صورت یک واحد به منظور عقب بردن آنها به صورت یک مجموعه با T-Loop مشاهده می‌شود. عقب بردن دندانهای قدامی با فنر T-Loop به قطر ۰/۰۱۸ اینچ TMA که به وایر ۰/۰۲۵×۰/۰۱۷ اینچ TMA در قسمت خلفی جوش داده شده است، انجام می‌پذیرد. وایرها با قطرهای متفاوت برای بوجود آوردن گشتاورهای افتراقی لازم، به جای استفاده از موقعیت فنر به کار می‌رود. نسبت $\frac{M}{F}$ قدامی (آلفا) در شروع عقب بردن دندانهای قدامی $\frac{7}{1}$ و نسبت $\frac{M}{F}$ خلفی (بتا) $\frac{12}{1}$ است.



شکل ۱۸-۱۱ : (ادامه شکل قبل) : تصاویر O تا S فتوگرافیهای پایان درمان بیمار را، نشان می‌دهد. قبل از اینکه فضا بسته شود، یک قطعه وایر intrude کننده، برای intrude کردن دندانهای قدامی فک بالا به مدت ۳ ماه استفاده گردید و سپس بستن فضا انجام گرفت. به پلان اکلوزال و محور طولی دندانهای فک بالا توجه شود. قوس فک پایین قبل از اینکه درمان بیمار تمام شود، به مدت ٦ ماه تحت معالجه قرار گرفت.

چرخش دندانهای کانین با تکنیک‌های مختلف می‌تواند کنترل گردد. برای بستن به صورت مجموعه‌ای، اگر یک وایر با حداکثر قطر در قسمت قدامی محکم بسته شود، تمایل به چرخش دندانهای قدامی کاهش می‌یابد. با درگیر نکردن کانین به فنر T-Loop، در حالیکه کانین با قسمت قدامی یکپارچه شده است، و وایرsegmented بین لترال و کانین درگیر می‌شود، برای جلوگیری از چرخش کانین، به کار می‌رود. تکنیک سوم قرار دادن خم ضد چرخش (antirotation) در وایر است (شکل ۲۱-۱۱). با مشاهده فنر از نمای اکلوزال یک خم V شکل از نظر هندسی در وایر وجود دارد. قله خم V شکل، به سمت باکال است، این طرح گشتاور Mesial-in روی کانین و گشتاور Mesial-out روی مولر اول ایجاد می‌نماید.

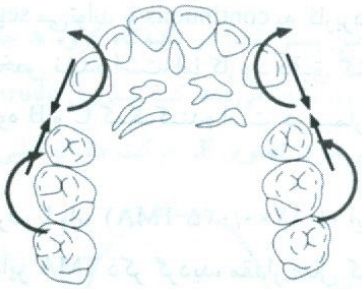
در بستن فضا به طور غیرقرینه نیروهای عمودی ایجاد می‌شود. این نیروها ممکن است حرکات نامطلوب intrude یا extrude کننده در حین حرکت دندانی بوجود آورند. نیروهای عمودی امکان دارد، حرکت از نوع سوم به صورت عارضه

جانبی در جهت باکال یا لینگوال را، ایجاد نمایند. شکل ۲۲-۱۱ اثرات نیروهای عمودی روی مولر و کانین به صورت حرکتی از نوع سوم را، نشان می‌دهد.

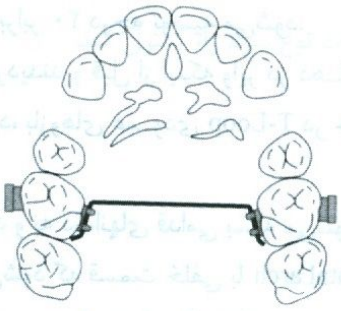
palatal arch یا Lingual arch عوارض جانبی حرکت از نوع سوم را روی مولر، کنترل می‌نماید (شکل ۲۳-۱۱). یک وایر گرد نمی‌تواند حرکت از نوع سوم را، کنترل نماید، (مثل وایرگرد TMA) به عبارت دیگر، طراحیهای مختلفی در جهت لینگوال باید مورد توجه قرار گیرد(٤).

کنترل حرکت دندانی از نوع سوم برای دندان کانین در رابطه با تکیه‌گاه گروه A بسیار ضروری است (شکل D-F ۲۲-۱۱). نیروی intrude کننده در کانین باعث حرکت انتقالی چرخشی در جهت باکال می‌گردد. این امر باعث افزایش overjet در کانین و یا افزایش عرض بین کانین‌ها می‌گردد. این حالت مخصوصا در موردی که کانین نسبت به پلان اکلوزال در جهت باکال و بالا قرار دارند (high canines) باید مورد توجه قرار گیرد. عارضه نیروی intrude کننده روی کانین مانع رویش این دندان می‌گردد و حرکت چرخشی انتقالی به سمت باکال، دندان را، از قوس دور می‌کند. هر دوی این حرکتها بر خلاف مسیر مناسب می‌باشد. لذا طراحی اضافی در دستگاه ارتودنسی توصیه می‌شود. استفاده از کش‌های بین فکی به منظور کمک به حرکت دندان کانین و یا کاربرد T-Loop در مرکز فضای موجود همراه با هدگیر برای کنترل تکیه‌گاه توصیه می‌شود.

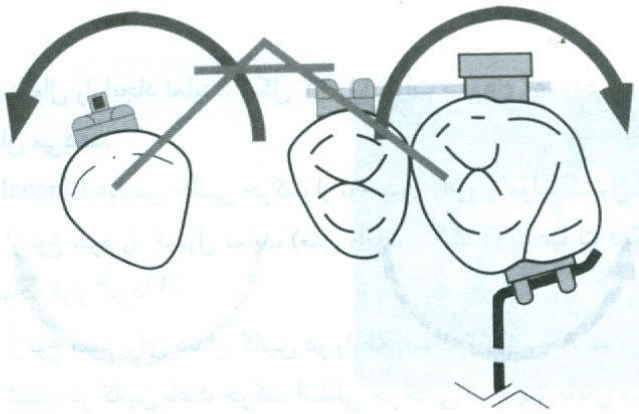
طراحی دستگاه می‌تواند به صورت ابتکاری باشد و با در نظر گرفتن سیستم نیرو برای برخورد با این مشکلات، درمان ادامه می‌یابد. تعیین وضعیت تعادل یک سیستم نیرو، مشکلات را، مشخص و به حل آنها، کمک می‌نماید.



شکل ۱۹-۱۱ : این تصویر اثرات جانبی حرکت از نوع اول را در بستن فضای دندان خارج شده، نشان می‌دهد. نیروهای مزیالی و دیستالی (رنگ آبی) باعث چرخش کانین و مولر (رنگ قرمز) می‌شود. کانین در جهت Mesial-out و مولر در جهت Mesial-in می‌چرخد.



شکل ۲۰-۱۱ : در این شکل transpalatal-arch برای کنترل چرخش مولر مشاهده می‌شود.



شکل ۲۱-۱۱ : در این تصویر حرکت از نوع اول در فنر T-Loop با جاسازی خم V شکل به منظور کنترل چرخش، مشاهده می‌شود. شکل ۱۵-۱۱ اثرات جانبی نیروی خلفی روی کانین را، نشان میدهد که در اینجا به رنگ قرمز سایه‌دار، دیده می‌شود. خم V شکل، باعث جلوگیری از چرخش (به صورت Mesial in و distal out) کانین می‌گردد، اثر چرخشی خم V به رنگ قرمز دیده می‌شود. این خم که باعث کنترل چرخش می‌گردد، موجب کاهش عارضه جانبی Mesial-in مولر نیز، می‌گردد. وجود transpalatal arch (شکل ۱۷-۱۱) باعث ثبات بیشتر دندانهای خلفی می‌گردد.

بستن فضا با وایر continous T-Loop

اصول بستن فضا با segmental T-Loop می‌تواند با continuous به کاربرده شود. سیستم نیرو در نوع continuous به طور دقیق همانند نوع segmental مشخص نشده است، اما کاربرد دقیق گشتاورهای آلفا و بتا برای به دست آوردن نتایج قابل قیاس بخصوص در بیماران گروه B و C کمک‌کننده است. در بیماران گروه A هدگیر پشت سری برای کنترل دندانهای خلفی ضروری است.

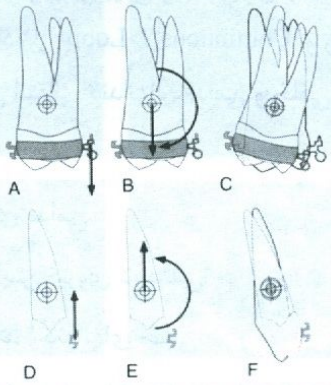
T-Loop در دیستال کانین‌های دو طرف با وایر (TMA ۰/۰۲۵×۰/۰۱۷ اینچ یا استینلس استیل ۰/۰۲۲×۰/۰۱۶ اینچ) ساخته می‌شود. مقدار فعال کردن وایر TMA ذکر گردید، مقدار فعال کردن وایراستینلس نسبت به TMA پنجاه درصد کمتر است.

همانگونه که در شکل A ۲۴-۱۱ نشان داده شده است، T-Loop با ارتفاع ۶ تا ۷ میلیمتر و به عرض ۱۰ میلیمتر ساخته شده است و در دیستال کانین قرار دارد. در اینصورت گشتاور آلفا و بتای مناسب در قدام و خلف بازوهای عمودی T-Loop ایجاد می‌گردد (شکل B ۲۴-۱۱). خم قسمت خلفی T- Loop (یعنی بتا) برای تکیه‌گاه A برابر ۴۰ درجه و برای B برابر ۳۰ درجه و برای C برابر ۲۰ درجه توصیه می‌شود.

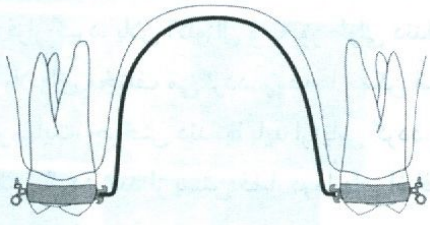
بعد از اینکه بازوهای آلفا و بتا فعال گردیدند و قبل از اینکه وایر در دهان قرار گیرد، لوپ بایستی به میزان ۲ میلیمتر باز شود. اگر این حالت انجام نشود، بازوهای عمودی T-Loop در حالت خنثی، بر روی هم واقع می‌شوند (overlapped).

وایر در تیوب کمکی مولر قرار می‌گیرد و به دندانهای قدامی بسته می‌شود. اگر T-Loop فعال شود، تمام تغییرات باید در خارج دهان انجام گیرد. توصیه می‌شود که قسمت خلفی با palatal arch یا lingual arch ارتباط داده شود. با این ترتیب، انتهای قسمت بتای T-Loop بدون درگیری از براکت‌های پره مولر گذشته و در هیچ کدام از براکتهای خلفی جز تیوب مولر قرار داده نمی‌شود. برای وایر TMA، میتوان TMA را، به میزان ۳ میلیمتر از دیستال تیوب مولر فعال کرد. این امر ایجاد نیرویی برابر ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم می‌نماید. اگر lingual arch به کار نرود، دندانهای خلفی باید به دقت در رابطه با چرخش Mesial-in تحت کنترل قرار گیرند. شکل A-M ۲۵-۱۱ یک نمونه از بستن فضا با continuous T-Loop را، نشان می‌دهد. بیمار باید هر ماه تحت کنترل قرار گیرد، ولی فعال نمودن وایر بیش‌تر از ۲ الی

۳ ماه توصیه نمی‌شود. این امر باعث می‌شود در حالی که بستن فضا انجام می‌پذیرد، وضعیت ریشه‌ها تصحیح گردد. فعال کردن زیاد T-Loop باعث ایجاد حرکت بیش از حد انتقالی چرخشی شده، در ضمن حرکت ریشه کمتر می‌شود.

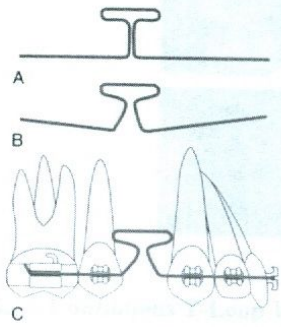


شکل ۲۲-۱۱ : عوارض ناشی از حرکت نوع سوم در اثر بستن فضا در این شکل مشاهده می‌شود. تصویر A نشان می‌دهد که در اثر گشتاورهای نامساوی که در تکیه‌گاه A برای بستن فضا به کار میرود، نیروهای عمودی بر روی مولر اعمال می‌شود، در اینجا گشتاور بتا بزرگتر از گشتاور آلفا است و نیروی extrude کننده اعمال می‌گردد. تصویر B سیستم نیروی معادل در مرکز مقاومت مولر را، نشان می‌دهد، بطوریکه نیروی extrude کننده باعث گشتاور چرخشی مولر در مسیر لینگوالی شدن تاج می‌گردد. تصویر C حرکت دندان ناشی از این نیرو را، نشان می‌دهد. تصویر D نیروهای عمودی بر روی کانین که در اثر گشتاور نامساوی در حین بستن فضا در تکیه‌گاه گروه A حاصل می‌شود را، نشان می‌دهد. تصویر E سیستم نیروی معادل در مرکز مقاومت کانین را، نشان می‌دهد که نیروی intrude کننده در براکت منجر به گشتاور چرخشی کانین در جهت باکالی شدن تاج می‌شود. تصویر F، حرکت دندان ناشی از این نیرو را، نشان می‌دهد.



شکل ۲۳-۱۱ : در این تصویر transpalatal arch برای کنترل اثرات جانبی حرکت نوع سوم به کار برده می‌شود.

TPA می‌تواند مانند وایر چهارگوش حرکت نوع سوم را، کنترل کند.



شکل ۲۴-۱۱ : در این شکل وایر Continuous T-Loop برای بستن فضا مشاهده می‌شود. در تصویر A، شکل T-Loop در وایر Continuous دیده می‌شود. در تصویر B خم‌ها به منظور ایجاد گشتاورهای آلفا و بتا مشاده می‌گردد. در تصویر C قرار گرفتن وایر فعال T-Loop به منظور بستن فضا ملاحظه می‌شود.

کنترل عوارض جانبی

طراحی لوپ مناسب برای بستن فضا در پیش بینی و جلوگیری از هرگونه عوارض جانبی کمک می‌کند. موارد زیر عوارض جانبی شایع بستن فضا در استفاده از Continuous T-Loop و راه حلهای احتمالی آنها را، مشخص می‌نماید.

۱- **عارضه جانبی:** حرکت چرخشی انتقالی دندانهای قدامی و خلفی به فضای دندان کشیده شده

- **درمان:** افزایش گشتاور آلفا و بتا

۲- **عارضه جانبی:** Flaring دندانهای قدامی

- **درمان:** کاهش گشتاور آلفا یا افزایش نیروی دیستالی

۳- **عارضه جانبی:** چرخش Mesial-in دندانهای خلفی

- **درمان:** استفاده از خم Mesial-out در وایر یا استفاده از palatal arch یا lingual arch

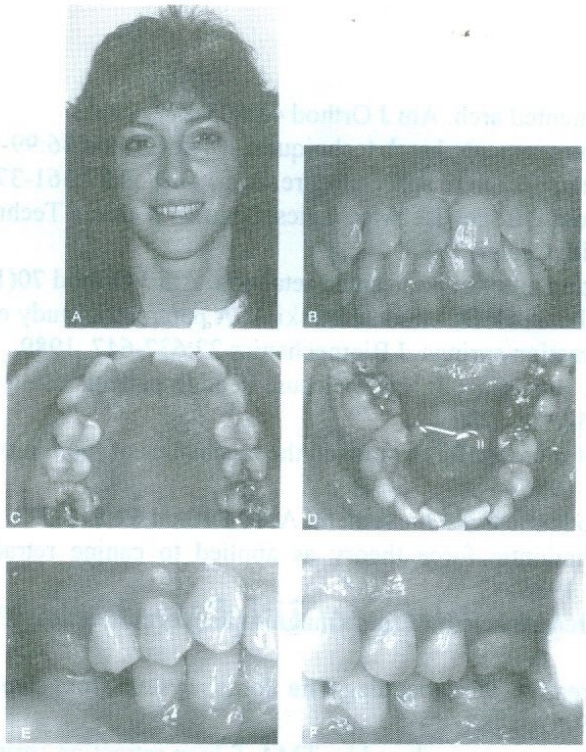
٤- **عارضه جانبی:** حرکت چرخشی انتقالی دندانهای قدامی به سمت لینگوال

- **درمان:** افزایش گشتاور آلفا

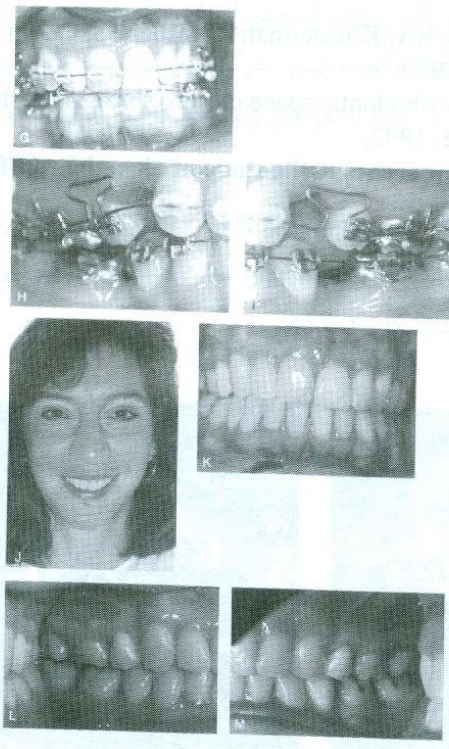
ارزیابی مرحله نهایی بستن فضا

نتایج موفقیت آمیز درمان در اکثر بیماران بستگی به انجام درست روش بستن فضا دارد. بستن فضا به تنهایی به عنوان یک فاکتور مهم، در ایجاد نتایج مناسب به حساب نمی‌آید. بیمار باید در چندین مورد ارزیابی شود.

اولا ثبات تکیه‌گاه باید ارزیابی شود. در بیشتر بیماران، درمان قدامی خلفی (اکلوژن Cl I با overjet) در خلال بستن فضا انجام می‌شود. ثانیا: پلان اکلوزال دندانهای قدامی و خلفی باید در هر ۲ قوس دندانی مورد بررسی واقع شود ثالثا: محور طولی دندانها باید مورد ارزیابی قرار گیرد. پلان اکلوزال و محور طولی دندانها به هم بستگی دارند. دور بودن و تباعد در ریشه‌ها باعث ایجاد اکلوزال پلانهای مختلف می‌گردد. ریشه‌ها ممکن است به طور موازی قرار گیرند،ولی یک پله بین سطوح اکلوزال ایجاد شود. در نهایت، چرخش دندانها باید ارزیابی گردد و توجه خاصی باید نسبت به چرخش mesial-in مولر اول و mesial-out کانین گردد. بعد از بستن فضا، درمانهای اضافی باید شروع شود.



شکل ۲۵-۱۱ : در تصویر A تا F یک بیمار بالغ با میزان کراودینگ قابل توجه در قوسهای دندانی بالا و پایین مشاهده می‌گردد. در قوس فک بالا پره مولرهای اول و در قوس فک پایین پره مولرهای دوم به علت پیش آگهی بد آنها در آورده شدند.



شکل ۲۵-۱۱ (ادامه شکل قبل) : در تصاویر G تا I بستن فضا در قوس فک بالا با Continuous T-Loop نشان داده شده است. قسمت قدامی وایر در درون براکتها درگیر است و قسمت خلفی آن مستقیما در درون تیوب کمکی مولر واقع شده است. گشتاورهای آلفا و بتا در وایر برابر است. تصاویر M تا J بیمار را، در پایان درمان نشان می‌دهد. در این بیمار از هدگیر استفاده نشده است. تصحیح موقعیت ریشه دندانهای قدامی بیمار به مدت ۳ ماه قبل از پایان کار، انجام شده است.

REFERENCES

1. Burstone CJ: rationale of the segmented arch. Am J Orthod 48:805-822, 1962.
2. Burstone CJ: The mechanics of the segmented arch techniques. Angle Orthod 36:99-120, 1966.
3. Burstone CJ: The segmented arch approach to space closure. Am J Orthod 82:361-378, 1982.
4. Burstone CJ: Hanley KJ: Modern Edgewise Mechanics Segmentd Arch Technique. Farmington: University of Connectiocut Health Center, 1985.
5. Burstonc CJ, Konig HA: Optimizing anterior and canine retaction. Am J Orthod 70(1): 1-19, 1976.
6. Faulker MG, Fuchshuber P, Haberstock D, Mioduchowski A: A parametric study of the force/moment systems produced by T-loop retraction springs. J Biomechanics 22:637-647, 1989.
7. Manhartsberger C, Morton JY, Burstone CJ: Space closure in adult patients using the segmented arch techniqus. Angle Orthod 59: 205-210, 1986.
8. Kusy RP, Tulloch JF: Analysis of moment/force ratios in the mechanics of tooth movment. An J Orthod Dentofac Orthoped 90:127-131, 1986.
9. Marcotte MR: Prediction of orthodontic tooth movement. Am J Orthod 69:511-523, 1976.
10. Nikolai RJ: On optimum orthodontic force theory as applied to canine retracton. Am J Orthod Dentofac Orthoped 90:127-131, 1986.
11. Quinn RS, Yoshikawa DK: A reassessment of force magnitude in orthodontics. AM J Orthod 88:252-260, 1985.
12. Burstone CJ, Koenig HA: Creative wire bending-The force system from step and V-bends. Am J Orthod Dentofac Ortioped 93:59-67, 1988.
13. Sachdeva RC: A study of force systems produced by TMA T-loop retraction springs. Master's thesis, University of Connecticut School of Dental Medicine, 1985.
14. Smith RJ, Burstone CJ: Mechanics of tooth movement. Am J Orthod 85:294-307, 1984.
15. Tannc K, Koenig HA, Burstone CJ: Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod 94:426-431, 1988.
16. Hixon EH, Aasen TP. Arango J. Clark RA, Kliosterman R, Miller SS, Odom WM: on force and tooth movement. Am J Orthod 57:476-488, 1970.
17. Kuhlberg, AJ: Force systems T-loop orthodontic space closure springs. Master's thesis, University of Connecticut School of Dental Medicine, 1992.
18. Nanda R, Goldin B: Biomechanical approaches to the study of alterations of facial morphology. Amer J Orthod 78:213-226, 1980.