

افزایش بیولوژیک بلوغ استخوان، یا حذف تجزیه‌ی آن توسط استئوکلاست‌ها، می‌تواند پایه‌ی احتمالی برای بهبود ثبات پس از درمان را فراهم سازد. در واقع در مطالعه‌ی اخیر،^{۴۷} تجویز موضعی RANKL decoy ligand و OPG منجر به مهار ریلایس پس از درمان ارتودنسی در یک مدل حیوانی از حرکت ارتودنتیک دندان شد. تزریقات OPG نیز ریلایس متعاقب درمان ارتودنسی را از ۶۳٪ از میزان کل حرکت دندان در موش‌های گروه کنترل، به ۲۴٪ در حیواناتی که OPG را ۲۴ روز پس از برداشتن دستگاه دریافت می‌کردند، کاهش دادند. از نظر هیستولوژیک، استخوان و بافت پریدنتال اطراف دندان در روز هشتم پس از تجویز OPG طبیعی به نظر می‌رسید؛ در حالیکه، در گروه کنترل ۲۴ روز بعد از حرکت دندان تنها قسمتی از بهبود بافتی رخ داده بود. اندازه‌های کمی حاصل از توموگرافی میکروکامپیوتری در حیوانات تحت درمان با OPG کاملاً به سطوح قبل از درمان رسیده بود؛ در حالیکه این پارامترها ۲۴ روز پس از درمان ارتودنتیک گروه کنترل، یا به طور ناقصی بهبود یافته بودند، یا اصلاً بهبودی نشان نداده بودند. کاهش قابل توجه در ریلایس متعاقب درمان ارتودنسی با تجویز موضعی OPG، بیانگر آن است که استئوکلاست‌ها برای بلوغ استخوان متعاقب حرکت دندان ضروری هستند؛ و به احتمال استفاده فارماکولوژی از OPG یا سایر مهارکننده‌های RANKL برای retention ارتودنسی نیز اشاره دارد.

عواملی که در بالا ذکر شده‌اند، عوامل داخلی (intrinsic) ریلایس ارتودنتیک هستند که با ساختار PDL حمایت‌کننده‌ی مجاور دندان و استخوان آلوئولار احاطه‌کننده‌ی دندانها مرتبط هستند. این عوامل ریلایس باید از عوامل خارجی (extrinsic) هم چون تداوم رشد اسکلت جمجمه و صورت، نیروهای خارجی از سمت عضلات صورت و تماسهای اکلوژال در هم جفت شده (occlusal interdigitation)، تمایز داده شوند.

علی‌رغم مطالعات متعدد تعیین‌کننده‌ی تمام متغیرها و عوامل شرکت‌کننده در ریلایس ارتودنتیک، درجه‌ی retention پس از درمان کروادینگ قدامی هم چنان غیر قابل پیش‌بینی و متغیر باقی مانده است؛ و هیچ‌یک از متغیرهای قبل از درمان که حاصل یافته‌های بالینی، کست‌ها یا رادیوگرافی‌های سفالومتری قبل و بعد درمان هستند، عوامل پیش‌بینی‌کننده‌ی مفیدی نیستند.

کاربردهای آینده‌ی اصول بیولوژیک در درمان ارتودنتیک

انتظار می‌رود که اصول جمع‌آوری شده از بیولوژی ملکولی و مهندسی بافت در آینده مبدل به بخشی از روند درمانی مورد استفاده در درمان ارتودنسی شود. این پارادایم درمان ارتودنسی، می‌تواند شامل تحویل عوامل bioactive در ترکیب با بیومکانیک‌های متداول باشد. پیش از این عوامل متعددی که دارای فعالیت‌های قابل توجه در تسریع یا پیش‌گیری از حرکت دندان هستند وجود داشته و حقیقتاً هم قادر به تنظیم حرکت دندان در مدل‌های حیوانی بوده‌اند (جدول ۱-۵). برای مثال، کاربرد موضعی عوامل کلسیوتروپیک یا استئوکلاستیک، اثرات قابل توجهی در دینامیک ریمادلینگ موضعی استخوان داشته و می‌تواند به منظور تسهیل حرکت دندان (هم چون در موارد retraction کانین‌های به فضا‌های extraction)،^{۶۱،۶۲} مقاومت در برابر حرکت دندان (در موارد دارای نیاز بالا به انکورج)^{۴۶} و یا افزایش retention^{۴۷} به کار رود. ترکیب دانش روز افزون از مکانیسم‌های بیولوژیک در حرکت ارتودنتیک دندان، همراه با سیستم‌های

هوشمند تجویز موضعی دارو، استفاده از این بیومکانیک ها را در درمان ارتودنسی تسهیل خواهد نمود. اطلاعات مربوط به اثر و امنیت و هم چنین نحوه تجویز آنها در چارچوب درمان ارتودنسی، آماده ی ارائه شدن هستند.

TABLE 5-1 Bioactive Agents That Have Been Shown to Enhance or Decrease Rates of Orthodontic Tooth Movement in Animal Models

Increase Tooth Movement Rate	Decrease Tooth Movement Rate
<ul style="list-style-type: none"> • Osteocalcin¹⁰⁴ • Nitric oxide¹⁰⁵ • Misoprostol¹⁰⁶ • Prostaglandin E2¹⁰⁷ • RANKL gene^{61,62} 	<ul style="list-style-type: none"> • Bisphosphonates¹⁰⁸ • Nitric oxide synthase inhibitor¹⁰⁹ • Echistatin¹¹⁰ • MMP inhibitor¹¹¹ • Clodronate¹¹² • OPG gene¹¹³ • OPG protein^{46,47}

MMP, Matrix metalloproteinase; *OPG*, osteoprotegerin; *RANKL*, receptor activator of nuclear factor κ B ligand.

پیشرفت های موجود در تکنولوژی ارزیابی بیولوژی نیز قادر به تسهیل تشخیص های بیولوژیک، و کنترل turnover و متابولیسم های استخوانی و نشانگر های تحلیل ریشه، هستند. پیش از این محققین پزشکی نیز برای برقراری روابط بین نشانگرهای بیوشیمیایی ریمادلینگ استخوان (مثل استئوکلسین، آکالاین فسفاتاز، و پروکلاژن I) و سرعت متابولیک turnover استخوانی در نمونه های بالینی، تلاش کرده اند.^{۱۰۲} با این وجود، ارتباط و تفسیر نتایج توسط متغیرهای قابل ملاحظه ای از جمله سن، مرحله ی بلوغ، سرعت رشد، افزایش مواد معدنی، تنظیم هورمونی، وضعیت تغذیه و متغیرهای circadian پیچیده می گردد. با این وجود، پیشرفت سریع در ایجاد آزمون های دقیقتر و اختصاصی تر و هم چنین اکتشافات اخیر نشانگرهای متابولیک استخوانی اختصاصی تر، امکان ارزیابی turnover استخوان و ریشه را در آینده ی نزدیک مبدل به واقعیت می سازند.^{۷۴-۷۶، ۱۰۳، ۹۲}