علم و هنر
در دندانپزشکی ترمیمی ۲۰۱۹

گروه مترجمین:

امید ختنی، محمدرضا مقدسیان، مهی ساکی
عاطفه فیروزی، مهشاد رفیع‌زاده

زیرنظر:

دکتر زهرا خاموردی
دکتر حمید بدریان

سرشناسه	:	ریتر، آندره وی. Ritter, Andre V.
عنوان و نام پدیدآور	:	علم و هنر در دندانپزشکی ترمیمی ۹۱۰۲/ [ویراستاران آندره‌وی. ریتر، لی‌دبلیو. بوشل، ریکاردو والتر]؛ گروه مترجمین امید ختنی ... [و دیگران]؛ زیر نظر زهرا خاموردی، حمید بدریان.
مشخصات نشر	:	تهران: شایان‌نمودار، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۹۳۳ ص؛ ۲۲ × ۲۹ س‌م.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۳۹۲-۵
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Sturdevant›s art and science of operative dentistry,7th. ed, 2019.
یادداشت	:	گروه مترجمین امید ختنی، محمدرضا مقدسیان، مهی ساکی، عاطفه فیروزی، مهشاد رفیع‌زاده.
یادداشت	:	ویراست قبلی کتاب حاضر تالیف کلیفورد استوردیوانت ... [و دیگران] بوده است.
موضوع	:	دندانپزشکی ترمیمی
موضوع	:	Dentistry, Operative
شناسه افزوده	:	بوشل، لی دبلیو.
شناسه افزوده	:	Boushell, Lee W.
شناسه افزوده	:	والتر، ریکاردو
شناسه افزوده	:	Walter, Ricardo
شناسه افزوده	:	ختنی، امید، ۱۳۷۲ - ، مترجم
شناسه افزوده	:	خاموردی، زهرا، ۱۳۴۹
شناسه افزوده	:	بدریان، حمید، ۱۳۶۷ -
شناسه افزوده	:	استوردیوانت، کلیفورد ام . علم و هنر دندان‌پزشکی ترمیمی
رده بندی کنگره	:	RK ۵۰۱
رده بندی دیویی	:	۶۰۵/۶۱۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۶۰۷۱۴۲۵

نام کتاب: علم و هنر در دندانپزشکی ترمیمی ۲۰۱۹

گروه مترجمین: امید ختنی، محمدرضا مقدسیان، مهی ساکی، عاطفه فیروزی، مهشاد رفیع‌زاده

زیرنظر: دکتر زهرا خاموردی، دکتر حمید بدریان

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید : مهندس علی خزعلی

حروفچینی و صفحه‌آرایی : انتشارات شایان نمودار

طرح جلد: آتلیه طراحی شایان نمودار

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۹۸

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۳۹۲-۵

قیمت: ۰۰۰، ۰۰۰، ۱۶ ریال

شایان نمودار

دفتر مرکزی: تهران/ میدان فاطمی/ خیابان چهلستون/ خیابان دوم/ پلاک ۵۰/ بلوک B/ طبقه همکف/ تلفن: ۸۸۹۸۸۸۶۸

وب سایت: shayannemoodar.com

اینستاگرام: Shayan.nemoodar

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدون اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست.

این اثر تحت پوشش قانون حمایت از مولفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

مقدمه

به نام خداوندی که انسان را در انتخاب راه سعادت خویش آزاد قرار داد

کتاب علم و هنر در دندانپزشکی ترمیمی، به عنوان یکی از اصلی‌ترین کتاب‌های پایه دندانپزشکی ترمیمی، همیشه مورد استفاده قرار گرفته و وجود آن در علم دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی نقشی تعیین کننده داشته است. این کتاب علاوه بر بحث جزء به جزء سرفصل‌های ترمیمی و موشکافی دقیق آن‌ها، به ارائه راهکارهای علمی و کلینیکی می پردازد و در نهایت به یک جمع‌بندی خلاصه و دقیق از مبحث مورد نظر خواهد رسید، به گونه‌ای که خواننده در پایان تماما آنچه را که از آن بحث مورد انتظار است، دریافت خواهد کرد.

کتاب پیش رو، نتیجه زحمات شبانه روزی جمعی از دانشجویان رشته دندانپزشکی در مقطع دکتری عمومی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد بروجرد می‌باشد. این دانشجویان با تلاش خود ثابت کردند که می‌توان در گروه‌هایی مثبت و همگرا، گام های مثبتی در جهت ارتقا علم برداشت و به نتایج خوب رسید. در این مسیر، همدلی و تفکرات مثبت آنها نیز نشان داد که هر کار دشواری با چنین روحیه و انگیزه ای عملی خواهد بود.

برای این دانشجویان عزیز و همچنین دستیاران تخصصی رشته دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان، که در این ترجمه یاری دهنده بودند، آرزوی موفقیت روزافزون دارم. همچنین از جناب آقای دکتر حمید بدریان (متخصص ترمیمی و زیبایی) نیز قدردانی می کنم چرا که ایشان نیز تلاش بی‌شاعبه‌ای در ویراستاری این ترجمه و بررسی صحت مطالب کتاب داشتند.

بدیهی است که این ترجمه خالی از اشتباه نبوده، و امیدواریم اساتید و همکاران عزیز با پیشنهادات خود ما را در جهت رفع این نواقص کمک رسانی کنند.

این کتاب را با افتخار تقدیم می دارم به مردم عزیز کشورم، بخصوص کسانی که در حرفه‌ی مقدس دندانپزشکی، خدمت گزار مردم شریف این مرز و بوم هستند. در انتها از تمام سروران و بزرگانی که در ترجمه این کتاب همراه بودند و با تشویق‌ها و راهنمایی‌های دلسوزانه خود، ما را در این راه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

با آرزوی موفقیت
دکتر زهرا خاموردی
متخصص ترمیمی و زیبایی
پاییز ۱۳۹۷/ همدان

زندگی صحنه ی یکتای هنرمندی ماست

هر کسی نغمه ی خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته بجاست

سرخوش آن نغمه که مردم بسپارند به یاد

به نام ایزد منان

کتاب حاضر، تحت عنوان علم و هنر ۲۰۱۹، حاصل شش ماه تلاش شبانه روزی و بی‌وقفه‌ی دانشجویان سال آخر دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد می‌باشد و زیر نظر اساتید برجسته کشور سرکار خانم دکتر زهرا خاموردی (استاد گرانقدر بخش ترمیمی و زیبایی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان) و جناب آقای دکتر حمید بدریان (استاد گرانقدر بخش ترمیمی و زیبایی دانشکده دندانپزشکی لرستان) می‌باشد. این کتاب شامل ۱۸ فصل بوده، که ۵ فصل آخر آن به صورت آنلاین می‌باشد و ترجمه این فصول نیز در کتاب آورده شده است. امید است بتواند در راه کمک به همکاران عزیزدندانپزشک در هر عنوان و مرتبه‌ای موثر باشد.
در اینجا بر خود لازم می‌دانم که به طور ویژه از زحمات خانم دکتر پرستو رسائی که ما را در امر بازبینی و صحت مطالب یاری کردند تشکر نمایم. همچنین از خانم شیدا چهره نگار که در امر تقسیم‌بندی زحماتی را متقبل شدند، و از مسئولین و کارکنان محترم انتشارات شایان نمودار که در امر چاپ کتاب به بهترین شکل ممکن ما را یاری کردند.
در پایان این کتاب را تقدیم می‌کنیم به همه کسانی که درراه بهبود حال و شرایط جسمانی و روانی مردم همت می‌گمارند و با اراده ای قوی تسکین دهنده درد مردمان دردمند هستند و خواهند بود.
وجود اشکال مختصر در کتاب های ترجمه شده امری اجتناب ناپذیر است. ما نیز بر این موضوع واقفیم و برای بهبود هرچه تمام تر کیفیت ترجمه این کتاب، خواهان یاری از سوی شما خوانندگان عزیز هستیم. لطفا در صورت رویت خطا یا هرگونه نظر، انتقاد و پیشنهاد ما را از طریق ایمیل زیر آگاه کنید.

Omid.khotani@gmail.com
امید ختنی
پاییز ۱۳۹۷

فهرست مطالب

فصل اول: اهمیت بالینی آناتومی دندان، بافت‌شناسی، فیزیولوژی و اکلوژن ٦

فصل دوم: پوسیدگی دندانی: اتیولوژی، مشخصات کلینیکی، ارزیابی خطر و مدیریت ٥٧

فصل سوم: ارزیابی بیمار، معاینه، تشخیص و طرح درمان ١٢٩

فصل چهارم: اساس تراش دندان ١٦٧

فصل پنجم: مقوله‌های بنیادین ادهیژن به مینا و عاج ١٩١

فصل ششم: فعال سازی مواد ترمیمی با نور ٢٣٥

فصل هفتم: تطابق رنگ و سایه در دندانپزشکی ترمیمی ٢٧٤

فصل هشتم: تکنیک های کلینیکی برای ترمیم های مستقیم کامپوزیت رزین و گلاس آینومر ٢٩٧

فصل نهم: راهکارهای زیبایی محافظه کارانه اضافی ٣٥٨

فصل دهم: تکنیک های بالینی در ترمیم های آمالگام ٤١٨

فصل یازدهم: پریودونتولوژی در دندانپزشکی ترمیمی ٥٦٦

فصل دوازدهم: دندانپزشکی دیجیتال در درمان های ترمیمی ٥٩٠

فصل سیزدهم: مواد بیولوژیکی دندانی ٦١٦

فصل چهاردهم: وسایل و تجهیزات آماده سازی دندان ٧٠٧

فصل پانزدهم: ملاحظات مقدماتی در دندانپزشکی کاربردی ٧٣٩

فصل شانزدهم: اسپلینت ها و بریج های رزین باند شونده ٧٧٥

فصل هفدهم: ترمیم های طلای مستقیم ٨٠٠

فصل هجدهم: رستوریشن های فلزی ریختگی کلاس II ٨٣٥

۱

اهمیت بالینی آناتومی دندان، بافت‌شناسی، فیزیولوژی و اکلوژن

فهم کلی از بافت‌شناسی، فیزیولوژی و تعاملات اکلوژن دندان‌ها و بافت‌های حمایت‌کننده‌ی آن‌ها برای دندان‌پزشک ترمیمی ضروری است. شناخت ساختار دندان‌ها (مینا، عاج، سمان و پالپ) و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و ساختارهای حمایت‌کننده به‌خصوص در زمان درمان پوسیدگی‌ها ضروری است. عملکرد حفاظتی شکل دندان با تأثیر آن بر فعالیت عضلات جونده، بافت‌های پشتیبان (استخوان و مخاط) و پالپ آشکار می‌شود. شکل مناسب دندان به‌سلامتی بافت‌های حمایت‌کننده کمک می‌کند. کانتور دندان و ارتباطات آن در نقطه‌ی تماس با دندان‌های مجاور و مقابل، تعیین‌کننده‌ی اصلی عملکرد به‌خصوص هنگام بررسی شکل قوس دندانی، تماس‌های بین‌دندانی، تماس‌های اکلوزال و حرکات مندیبل قابل‌توجه است.

دندان‌ها و بافت‌های حمایت‌کننده

سیستم‌های دندانی

انسان‌ها دارای دندان‌های شیری و دائمی هستند. دندان‌های شیری شامل ۱۰ دندان ماگزیلاری و دندان مندیبولار است. دندان‌های شیری می‌افتند و دندان‌های دائمی جایگزین می‌شوند که شامل ۱۶ دندان ماگزیلاری و ۱۶ دندان مندیبولار است.

طبقه‌بندی دندان‌های انسان: شکل و عملکرد

دندان‌های انسان بر اساس شکل و عملکرد به دودسته تقسیم می‌شوند. دندان‌های شیری و دائمی شامل دسته‌های اینسایزور، کانین و مولر می‌باشند. دسته‌ی چهارم، پره مولرها، تنها در سیستم دندان‌های دائمی یافت می‌شوند (شکل ۱-۱).

شکل دندان‌های پیش‌بینی کننده‌ی عملکرد است. ویژگی‌های هر دسته مشخصه‌ای است که دندان‌ها را درون دسته‌های عملکردی قرار می‌دهد. ازآنجاکه رژیم غذایی انسان شامل غذاهای حیوانی و گیاهی است، سیستم دندان‌های انسان همه‌چیزخوار (Omnivorous) نام‌گرفته است.

اینسایزورها

اینسایزورها در نزدیکی ورودی حفره‌ی دهان قرارگرفته‌اند و به‌عنوان ابزاری برای بریدن و پاره کردن غذا عمل می‌کنند (شکل ۱-۱). از نمای جانبی، تاج این دندان‌ها نسبتاً مثلثی شکل با یک اینسایزال باریک و قاعده‌ی سرویکال پهن است. طی جویدن، اینسایزورها برای پاره کردن (قطع کردن) غذا به کار می‌روند. اینسایزورها برای زیبایی مناسب لبخند، کانتور بافت نرم صورت (برای مثال ساپورت لب‌ها) و صحبت کردن (فونتیک) ضروری هستند.

کانین ها

کانین ها دارای بلندترین ریشه در بین تمامی دندان‌ها بوده و در گوشه‌های قوس دندانی قرارگرفته‌اند. آن‌ها در گاز گرفتن، سوراخ کردن، پاره کردن و بریدن غذا عمل می‌کنند. از نمای جانبی تاج آن‌ها نیز مثلثی شکل با یک لبه‌ی انسیزال پهن است. شکل آناتومی تاج و ریشه، دندان‌های کانین را پایه‌ای باثبات و محکم برای پروتزهای ثابت و متحرک ساخته است. کانین ها به دلیل استحکام و موقعیتشان در قوس دندانی نه‌تنها راهنمای مهمی در اکلوژن هستند، بلکه نقشی حیاتی (همراه با اینسایزورها) در زیبایی لبخند و ساپورت لبی دارند.

پره مولرها

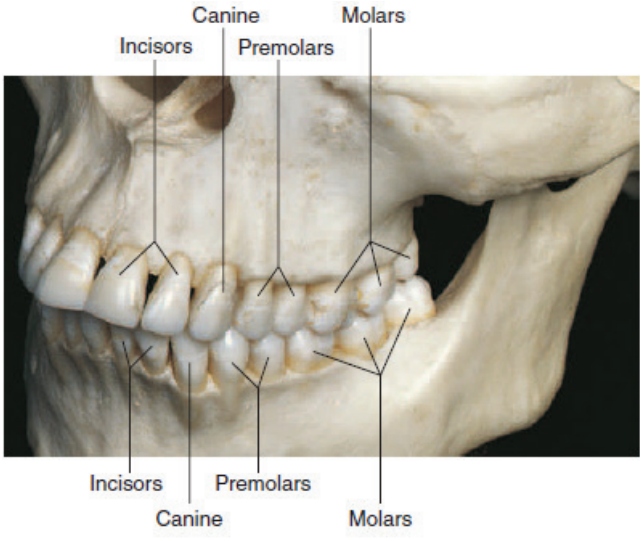
پـره مولرهـا نقشـی دوجانبـه ایفـا می‌کننـد: (۱) در پـاره کـردن غـذا مشـابه کانیـن هـا هسـتند (۲) در آسـیاب کـردن غـذا مشـابه مولرهـا هسـتند. اگرچـه دندان‌هـای پـره مولـر اول بـا کاسـپ هـای فاسیالشـان زاویـه‌دار هسـتند مشـابه کانیـن، ولـی کاسـپهای لینگـوال پـره مولرهـا و مولرهـای ماگزیـلا شـکل آناتومیـک گردنـری دارنـد (شـکل ۱-۱). سـطح اکلـوزال یـک سـری منحنـی بـه شـکل تحـدب و تقعرهایـی نشـان می‌دهـد کـه جهـت عملکـرد و تمـاس اکلوزالـی صحیـح بایـد در طـول عمـر حفـظ شـود. پـره مولرهـا نیـز می‌تواننـد نقشـی مهـم در زیبایـی داشـته باشـند، اگرچـه ایـن نقـش نسـبت بـه اینسـایزورها و کانیـن هـا کمرنگ‌تـر اسـت.

مولرها

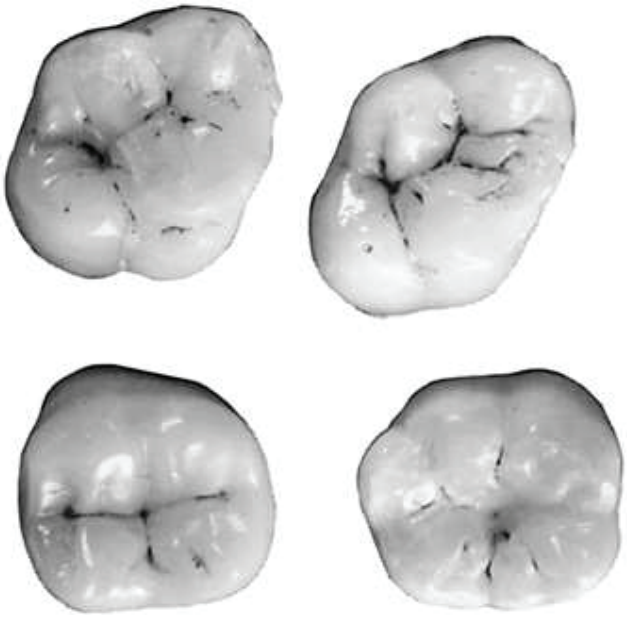
مولرهـا دندان‌هایـی بـزرگ، چنـد کاسـپی و قویـاً پابرجـا هسـتند کـه در نزدیک‌تریـن محـل بـه مفصـل گیجگاهـی فکـی (TMJ) کـه در حیـن عمـل کـرد نقـش تکیـه‌گاه را ایفـا می‌کنـد، قرارگرفته‌انـد. ایـن دندان‌هـا نقـش اصلـی در خـرد کـردن، آسـیاب کـردن و جویـدن غـذا بـه کوچکتریـن انـدازه‌ای کـه بـرای بلـع مناسـب اسـت دارنـد. ازآنجایی‌کـه دارای سـطوح پیکولـو سـالی بـوده و بـا چنـد رشـته مسـتحکم شـده‌اند به‌خوبـی بـرای ایـن وظیفـه مناسـب‌اند (شـکل ۲-۱ و ۳-۱). پـره مولرهـا و مولرهـا در حفـظ ارتفـاع عمـودی صـورت نقـش مهمـی دارنـد (شـکل ۱-۱).

ساختارهای دندان‌ها

دندان‌هـا از مینـا، کمپلکـس عـاج- پالـپ و سـمان تشـکیل شـده‌اند (شـکل ۳-۱). هرکـدام از ایـن سـاختارها به‌طـور جداگانـه توضیـح داده می‌شـوند.



شـکل ۱-۱: دندان‌هـای ماگزیـلا و مندیبـل در موقعیـت حداکثـر تمـاس کاسـپی. طبقه‌بنـدی دندان‌هـا عبارت‌انـد از اینسـایزورها، کانیـن هـا، پـره مولرهـا و مولرهـا. کاسـپ هـای دندان‌هـای مندیبـل به‌انـدازه‌ی نصـف کاسـپ قدامـی تر از کاسـپ هـای دندان‌هـای همانند خود در قـوس ماگزیلا قـرار می‌گیرنـد.



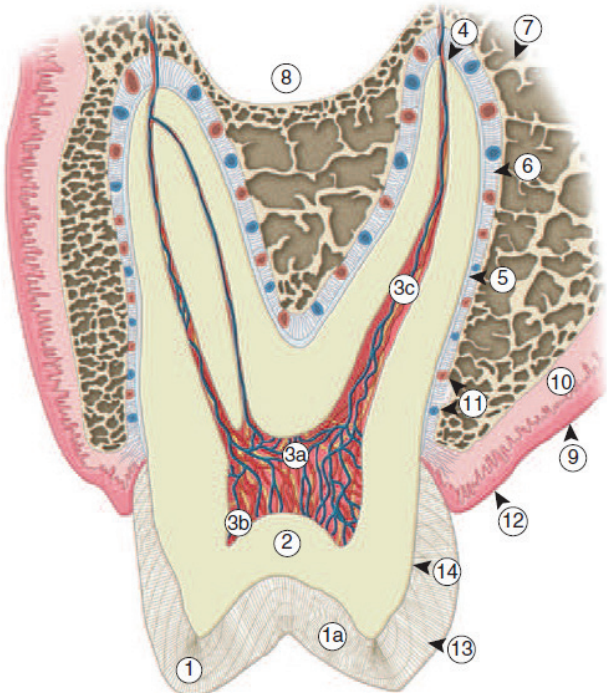
شـکل ۲-۱: سـطوح اکلوزال اولیـن و دومین مولر ماگزیـلا و مندیبل پس از چنـد سـال کارکرد، سـطوح منحنـی گرد با حداقل سـایش را نشـان می‌دهد.

مینا

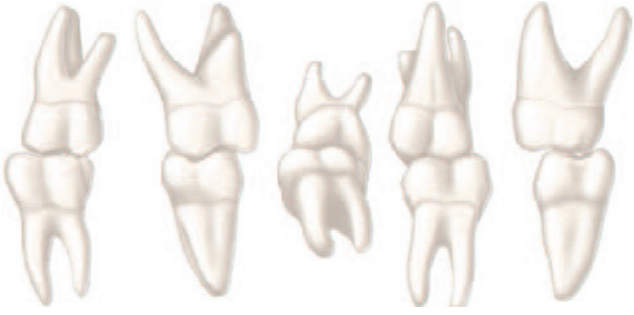
تشکیل مینا، آملوژنزیس، توسط سلول‌های به نام آملوبلاست انجام می‌شود. این سلول‌ها از لایه‌ی زاینده‌ی جنینی تحت عنوان اکتودرم منشأ می‌گیرند. مینا تاج آناتومیک دندان را پوشانده، در نواحی مختلف ضخامت متفاوتی دارد و به‌وسیله‌ی اتصال عاج مینا (DEJ) کاملاً با آن متصل می‌شود (شکل ۳-۱ را ببینید). در نواحی انسیزال و آکلوزال دندان ضخیم‌تر است و تدریجاً تا محل اتصال مینا و سمان (CES) نازک شده و کاملاً ناپدید می‌شود. همچنین ضخامت آن در هر دسته از دندان‌ها نسبت به دیگری متفاوت است، میانگین ۲ میلی متری در لبه‌ی انسیزال اینسایزورها، ۲/۳ تا ۲/۵ میلی متری در کاسپ پره مولرها و ۲/۵ تا ۳ میلی متری در کاسپ های مولرهاست.

کاسپ‌های روی سطح اکلوزال دندان‌های خلفی از مراکز استخوانی شدن جداگانه‌ای پدیدار می‌شود که لوب‌های تکاملی را شکل می‌دهند. اندازه‌ی لوب‌های تکاملی مجاور افزایش پیدا می‌کند تا جایی که به هم می‌پیوندند. درحالی‌که تشکیل کاسپ به اتمام نزدیک می‌شود، شیارها (groove) و فرورفتگی‌ها (fossa) در مناطق به هم آمیختگی (در اتصال به لوب‌های تکاملی مینا) ایجاد می‌شود. موقعیت استراتژیک شیارها و فرورفتگی‌ها، نقش موقعیت کاسپ های مقاوم را تکمیل می‌کند تا غذا بتواند در طول جویدن به سطوح لینگوال و فیشیال حرکت کند. کاسپ فانکشنالی که در مقابل یک گروو (groove) قرار می‌گیرد، روی شیب‌های مینایی هر طرف گروو قرار می‌گیرد (بسته می‌شود)، نه در عمق گروو. این آرایش یکراه قرار V شکل بین کاسپ و شیار مقابلش برای حرکت غذا در طول جویدن، باقی می‌گذارد (شکل۴-۱).

ضخامت مینا در ناحیه‌ی این خطوط تکاملی متغیر است و ممکن است بسته به میزان تأثیر درهم‌آمیختگی کاسپ های مجاور به صفر برسد. درهم‌آمیختگی ناکامل و به هم نرسیدن مینای لوب‌های تکاملی، باعث ایجاد یک فرورفتگی عمیق در ناحیه‌ی شیار (groove) سطح مینا می‌شود که فیشور نامیده می‌شود. به هم نرسیدن مینا در عمیق ترین نقطه ی یک فوسا، پیت نامیده می‌شود.

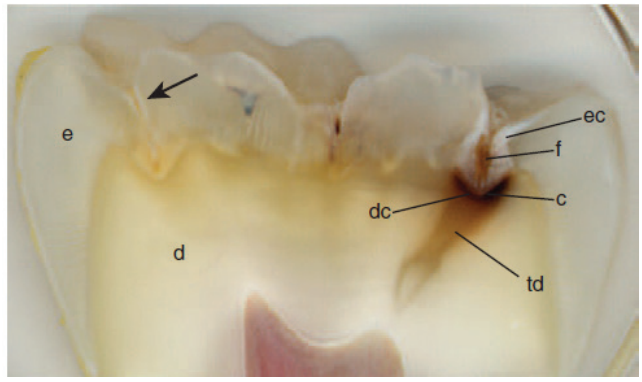


شکل ۳-۱: مقطع عرضی مولر ماگزیلا و ساختارهای پشتیبان آن: ۱، مینا; 1a، مینای گره‌دار; ۲، عاج; a۳، اتاقک پالپ; b۳، شاخک پالپی; c۳، کانال پالپ; ٤، فورامن اپیکال; ٥، سمان; ٦، فیبرهای پریودنتال در لیگمان پریودنتال; ۷، استخوان آلوئول; ۸، سینوس ماگزیلاری; ۹، مخاط; ۱۰، زیر مخاط; ۱۱، عروق خونی; ۱۲، لثه; ۱۳، خطوط رتزیوس; ١٤، اتصال عاج – مینا (DEJ).



شکل ۴-۱: مولرهای اول ماگزیلا و مندیبل در حداکثر تماس کاسپی. به شیارهای فرار غذا توجه کنید.

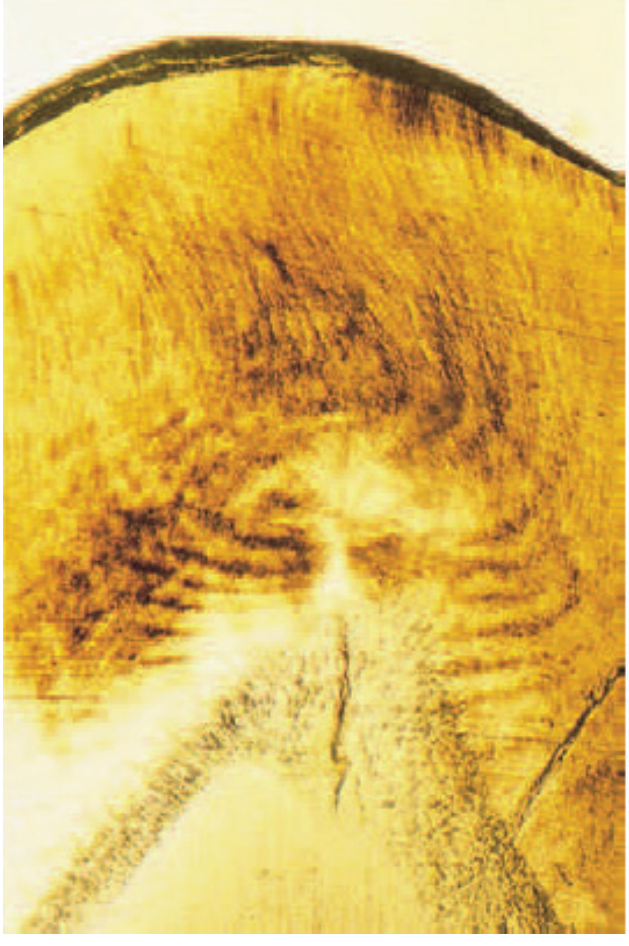
پیت‌ها و یا فیشورها مناطق غیر خود تمیز شونده ای هستند که تجمع بیوفیلم اسیدوژن ممکن است دندان ها را مستعد پوسیدگی‌های دندانی سازد (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱: فیشور (f) در اتصال دو لوب به تجمع غذا و باکتری که دندان را مستعد پوسیدگی دندانی (c) می‌کند، کمک می‌کند. مینا (e): عاج (d)، ضایعه‌ی پوسیدگی عاج (dc)، عاج شفاف شده (td)، دمینرالیزاسیون اولیه‌ی مینا (پیکان).

از لحاظ شیمیایی، مینا ساختاری کریستالی دارد و دارای مقادیر زیاد مواد معدنی است. هیدروکسی آپاتیت به شکل یک شبکه‌ی کریستالی، بزرگترین جزء معدنی است (۹۰ تا ۹۲ درصد حجمی). سایر مواد معدنی و عناصر کمیاب در مقادیر کمتری وجود دارند. اجزای باقی مانده ی مینای دندان شامل ماتریکس پروتئین‌های آلی (۱ تا ۲درصد) و آب (۴ تا ۱۲درصد) حجمی.

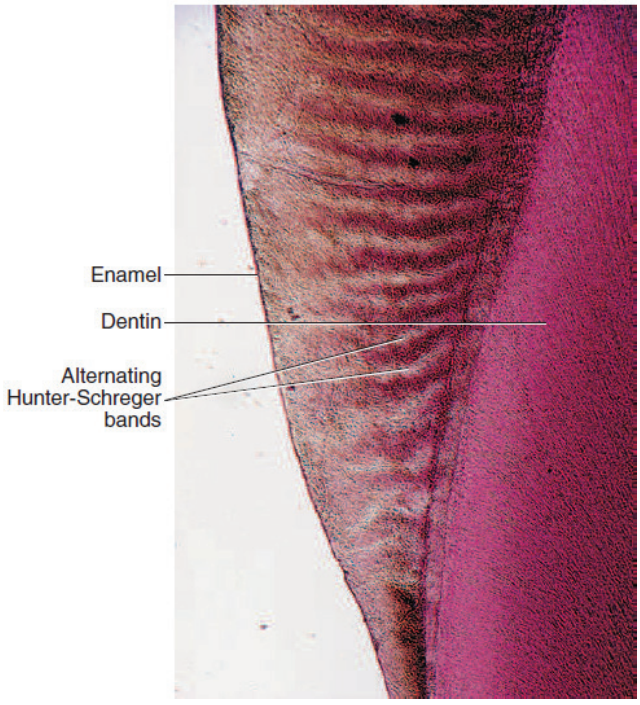
از لحاظ ساختاری مینا از میلیونها راد مینایی (منشور)، غلاف راد و ماده ی بین رادی سمان کننده تشکیل شده است. رادهای مینایی که بزرگ‌ترین اجزای ساختاری هستند به صورت خطی با تجمع (opposition) پی در پی مینا در قطعات افزایشی و مجزا شکل می‌گیرند. تنوع ایجاد شده در ساختار و معدنی شدن، خطوط افزایشی رتزیوس (incremental striae of Retzius) نام دارد و می‌توانند به عنوان حلقه های رشدی که در طی آملوژنزیس شکل می‌گیرند، در نظر گرفته شود (شکل ۳-۱). در مقاطع عرضی دندان، خطوط رتزیوس به صورت دایره های متحدالمرکز دیده می‌شوند. در مقاطع طولی خطوط عرضی نواحی کاسپی و انسیزال را قطع نموده و سپس به صورت مایل به سمت ناحیه ی سرویکال پایین آمده و در DEJ خاتمه می‌یابند. وقتی این دایره‌ها در سطح مینا ناکامل هستند، یکسری شیارهای متناوب به نام خطوط ایمبریکیشن پیکرل (imbrication lines of Pickerel) را شکل می‌دهند. برجستگی‌های بین شیارها پریکایماتا (perikymata) نام دارد که به طور پیوسته اطراف دندان و معمولا موازی CEJ و یکدیگر قرار گرفته اند. تعداد رادها تقریباً از ۵ میلیون در یک اینسایزور مندیبل تا ۱۲ میلیون در مولر ماگزیلا متفاوت است. به طور کلی رادها در دندان‌های شیری و دائمی، هم نسبت به DEJ و هم نسبت به سطح دندان حالت عمودی دارند، به جزء درناحیه سرویکال دندان‌های دائمی که رادها هنگام امتداد به سمت خارج اندکی جهت اپیکالی پیدا می‌کنند. از لحاظ میکروسکوپی سطح مینا در ابتدا فرورفتگی های دایره ای شکل دارد که بیانگر انتهای رادهای مینایی است. این تقعرها در شکل و عمق متنوع بوده و تدریج با افزایش سن سایش می‌یابند. در ضمن یک لایه خارجی بدون ساختار مینایی با حدود ۳۰ میکرون ضخامت موجود است که معمولاً در نواحی سرویکال و با شیوع کمتر در نوک کاسپ ها دیده می‌شود در این نواحی هیچ گونه حدود خارجی در رادها (منشورها) دیده نشده و تمام کریستال های آپاتیت موازی با هم و عمود بر خطوط رتزیوس هستد. این لایه تحت عنوان مینای بدون منشور، ممکن است بیشتر معدنی شده باشد.



شکل ۶-۱: مینای گره‌دار (gnarled)

هـر آملوبلاسـت یـک راد مینایـی منفـرد را بـا یـک طـول خـاص بـر اسـاس نـوع خـاص دنـدان و موقعیـت ناجـی خـاص درون آن دنـدان، شـکل می‌دهـد. رادهـای مینایـی مسـیری مـوج‌دار و مارپیچـی را دنبـال می‌کننـد کـه آرایـش سـاعت‌گرد و پادسـاعت‌گرد متناوبـی را بـرای هـر گـروه یـا لایـه از رادهـا حیـن پیـش رفتـن شـعاعی آن‌هـا از عـاج بـه سـمت سـطح مینـا، ایجـاد می‌کنـد. آن‌هـا در ابتـدا مسـیر منحنـی را در مینـا در مجـاورت DEJ می‌پیماینـد. پـس‌ازآن رادهـا معمـولاً مسـیر مسـتقیم‌تری را در باقی‌مانـده‌ی مینـا بـه سـمت سـطح طـی می‌کننـد. گروه‌هایـی از رادهـای مینایـی ممکـن اسـت بـا گروه‌هـای مجـاور در هـم پیچنـد و مسـیری نامنظـم و پیچیـده را بـه سـمت سـطح دنبـال کننـد. ایـن امـر باعـث شـکل‌گیری مینـای گـره‌دار به‌انـدازه‌ی مینـای معمولـی دچـار شکسـتگی نمی‌شـود. ایـن نـوع از شـکل‌گیری مینـا در تـراش دنـدان به‌آسـانی تسـلیم فشـار وسـایل بـرش دسـتی و تیغـه دار نمی‌شـود. جهت‌گیـری سـر و دم رادهـای مینایـی و گـره خـوردن آن‌هـا، به‌وسـیله مقاومـت در برابـر نیروهـای فشـاری و پخـش و مسـتهلک نمودن فشـارها، موجـب اسـتحکام می‌شـود. تغییـر جهـت رادهـای مینایـی کـه پتانسـیل شکسـتگی را در جهـت آگزیـال بـه حداقـل می‌رسـاند، ظاهـری اپیتیـکال بـه نـام نوارهـای هانتر-شـرگر (Hunter-schreger bands) را می‌سـازد (شـکل ۷-۱). ایـن بـه نظـر از نواحـی متنـاوب تیـره و روشـن بـا پهنـای متفـاوت و تفـاوت انـدک در نفوذپذیـری و محتـوای عالـی ساخته‌شـده‌اند. ایـن نوارهـا در نواحـی متفاوتـی از هـر دسـته از دندان‌هـا دیـده می‌شـوند. ازآنجایی‌کـه جهت‌گیـری رادهـای مینایـی در هـر دنـدان متفـاوت اسـت، نوارهـای هانتر-شـرگر نیـز تفاوت‌هایـی را ازنظـر تعـداد در هـر دنـدان نشـان می‌دهنـد.

در دندانهـای قدامـی آن‌هـا نزدیـک سـطح انسـیزال قرارگرفته‌انـد. تعـداد و نواحـی آن‌هـا در دندان‌هـا از کانیـن هـا بـه پـره مولرهـا افزایـش می‌یابـد. در مولرهـا نوارهـا از نزدیکـی ناحیـه‌ی سـرویکال تـا نـوک کاسـپ هـا دیـده می‌شـوند. در دندان‌هـای شـیری، رادهـای مینایـی در قسـمت‌های سـرویکال و مرکـزی تـاج نسـبت بـه محـور طولـی دنـدان تقریبـاً عمـود قرارگرفته‌انـد و مشـابه جهـت رادهـا در اکلوزالـی تـاج در دندان‌هـای دائمـی می‌باشـند.



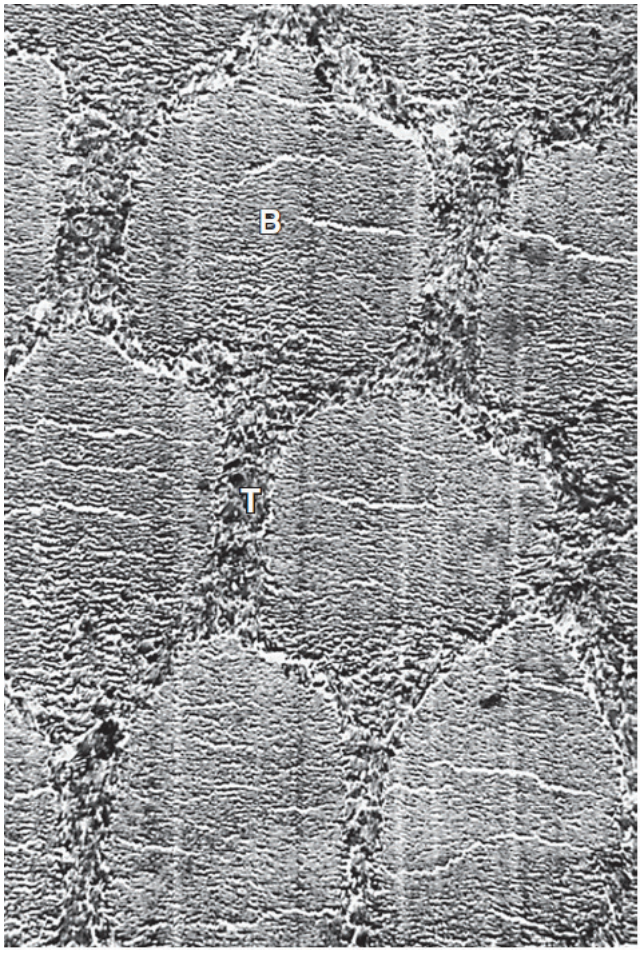
شـکل ۷-۱: فتومیکروگـراف خطـوط هانتـر – شـرگر مینـا. تصویـر بـا اسـتفاده از نـور بازتابـی به‌دسـت‌آمده اسـت.

قطـر رادهـای مینایـی نزدیـک مـرز عـاج حـدود ۴ میکـرون و در نزدیکـی سـطح حـدود ۸ میکـرون اسـت. ایـن اختـلاف بـا سـطح خارجـی مینـای تاجـی بزرگ‌تـر در مقایسـه بـا سـطح عـاج در DEJ همخوانـی دارد. رادهـای مینایـی در مقطـع عرضـی سـری گـرد یـا همـان قسـمت بدنـه و یـک قسـمت دم دارنـد و مجموعـه‌ی تکرارشـونده‌ای از رادهـای در هـم قفل‌شـده ایجـاد می‌کننـد. ارزیابـی میکروسـکوپی (×۵۰۰۰~) مقطـع عرضـی مینـا نشـان می‌دهـد کـه قسـمت سـرگرد هـر راد مابیـن بخـش باریـک دم دو منشـور مجـاور قـرار می‌گیـرد (شـکل ۸-۱). عمومـاً قسـمت سـر گـرد در جهـت انسـیزال یـا اکلـورال قسـمت دم سـرویکالی قرارگرفته‌انـد. آخریـن عمـل آملوبلاسـت‌ها، ترشـح غشـایی اسـت کـه روی انتهـای رادهـای مینایـی را می‌پوشـاند. ایـن لایـه غشـای ناسـمیت (Nasmyth membrane) یـا کوتیکـول مینایـی اولیـه نـام دارد. آملوبلاسـت هـای به‌محـض کامـل شـدن غشـای ناسـمیت دژنـره می‌شـوند کـه ایـن غشـا دنـدان تـازه رویـش یافتـه را پوشـانده و بـا جویـدن و شست‌وشـو سـایش می‌یابـد. ایـن غشـا بـا یـک رسـوب آلـی بـه نـام پلیـکل، حاصـل از پروتئین‌هـای بزاقـی، جایگزیـن می‌شـود. میکروارگانیسـم‌ها ممکـن اسـت بـه پلیـکل چسـبیده و بیوفیلـم (پـلاک

باکتریایی) را به وجود آورند که در صورت داشتن ماهیت اسیدساز ممکن است آغازگر پوسیدگی دندان شود.

هر راد مینایی شامل میلیون‌ها کریستالیت آپاتیت کوچک و کشیده است که ازنظر شکل و اندازه متفاوت‌اند. کریستالت‌ها در یک الگوی مشخص جهت‌گیری درهم فشرده شده‌اند که استحکام و تطابق ساختاری به رادهای مینایی می‌دهد. محور طولی کریستالیت های آپاتیت در درون ناحیه مرکزی سر (بدنه) تقریباً موازی محور طولی رادها جهت گرفته‌اند و با نزدیک شدن به ناحیه‌ی دم رفته‌رفته زاویه‌ی آن‌ها (۶۵ درجه) نسبت به محور طولی راد افزایش می‌یابد. آسیب‌پذیری این کریستالیت ها به شرایط اسیدی، در پروسه‌ی پوسیدگی‌ها یا درنتیجه‌ی روند اچینگ، ممکن است با جهت‌گیری آن‌ها مرتبط باشد. انحلال معدنی ناشی از اسید (دمینالیزاسیون) بیشتر در نواحی سر رخ می‌دهد. نواحی دمی و نواحی اطراف سر نسبتاً در برابر دمینالیزاسیون اسیدی مقاوم‌اند. کریستالیت ها شکل نامنظمی دارند به‌طور میانگین ۱۶۰ میکرون طول و ۲۰ تا ۴۰ میکرون عرض دارند. هر کرسیتالیت آپاتیت از هزاران واحد سلولی با اتم‌های بسیار منظم تشکیل‌شده است. یک کریستالیت ممکن است ۳۰۰ واحد سلولی طول، ۴۰ سلول عرض و ۲۰ سلول ضخامت در یک‌شکل ۶ گوش داشته باشد (شکل ۹-۱). یک ماتریکس آلی هر کریستال را احاطه کرده است. اگرچه مینا ساختاری سخت و محکم است، نسبت به یون‌ها و مولکول‌های خاص نفوذپذیر است. این مسیر عبور ممکن است از طریق واحدهای ساختاری مانند: غلاف رادها، ترک‌های مینایی و سایر نواقصی باشد که کمتر معدنی شده‌اند و غنی از غلظت‌ها آلی‌اند. آب نقش مهمی به‌عنوان واسطه‌ی انتقالی از طریق فضاهای کوچک بین کریستالی ایفا می‌کند. تافت ها مینایی ساختارهای کم معدنی شده از ماده‌ی بین رادی میان گروه‌های از رادهای مینایی هستند که از DEJ برجسته می‌شوند (شکل ۱۰-۱).

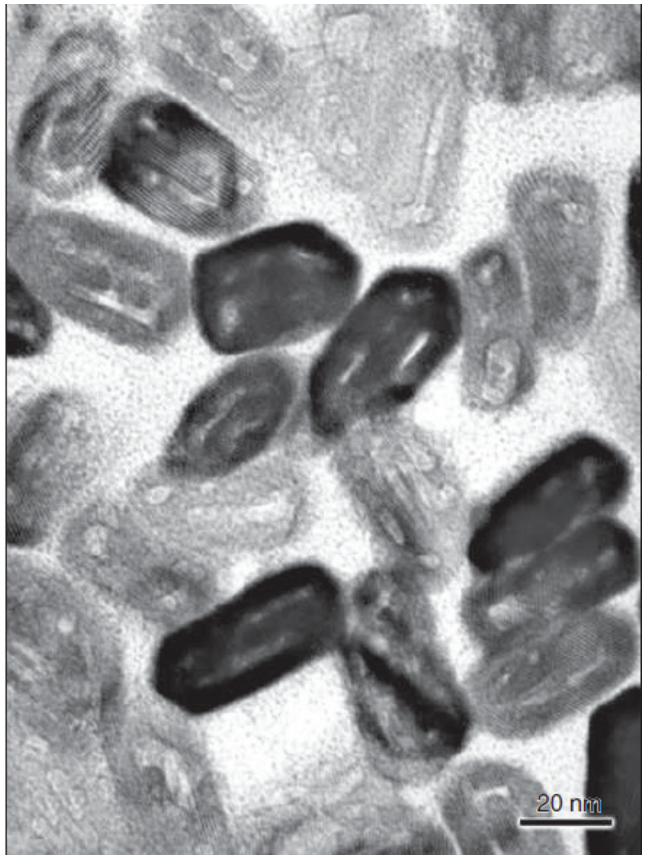
این استطاله‌ها از عاج در جهت محور طولی تاج به مینا گسترش‌یافته و ممکن است در گسترش پوسیدگی‌های دندانی نقش داشته باشند. لاملاهای مینایی نقایص نازک برگ شکلی بین گروه‌های رادهای مینایی هستند که از سطح مینا به سمت DEJ شکل‌گرفته‌اند و گاهی درون عاج امتداد می‌یابند (شکل ۱۰-۱). آن‌ها بیشتر شامل مواد آلی بوده و ممکن است که دندان را نسبت به ورود باکتری‌ها و گسترش متعاقب پوسیدگی مستعد سازید. نفوذپذیرترین مینا با افزایش سن به علت تغییرات ماتریکس مینا که به‌عنوان بلوغ مینا شناخته می‌شود، کاهش می‌یابد.



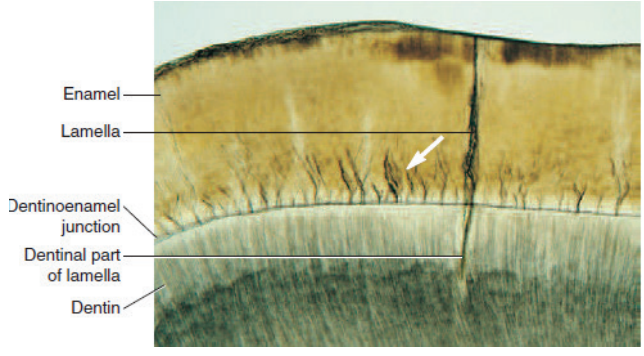
شکل ۸-۱: الکترومیکروگراف مقطع عرضی میله‌ها در مینای بالغ انسان جهت کریستال‌ها در " تنه " (B) نسبت به " دم ها " (T) متفاوت است. بزرگنمایی تقریبی ۵۰۰۰ برابر

مینا وقتی در شرایط اسیدی قرار می‌گیرید حل می‌شود اما این حلالیت یکنواخت نیست. اختلال پذیری مینا از سطح به DEJ افزایش می‌یابد. وقتی یون‌های فلورایید در زمان شکل‌گیری مینا حضورداشته باشند یا به‌صورت موضعی روی سطح مینا اعمال شوند، انحلال‌پذیری سطح مینا کاهش می‌یابد.

غلظت فلوراید به سمت DEJ کم می‌شود فلوراید می‌تواند خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آپاتیت معدنی را تغیر داده و ضمن حفظ ساختار آپاتیت، روی سختی، فعالیت شیمیایی و پایداری مینا تأثیر بگذارد. مقادیر اندک فلوراید با کاهش انحلال و دمینرالیزه شدن و افزایش رمینزالیزه شدن، مینا را مستحکم می سازد.

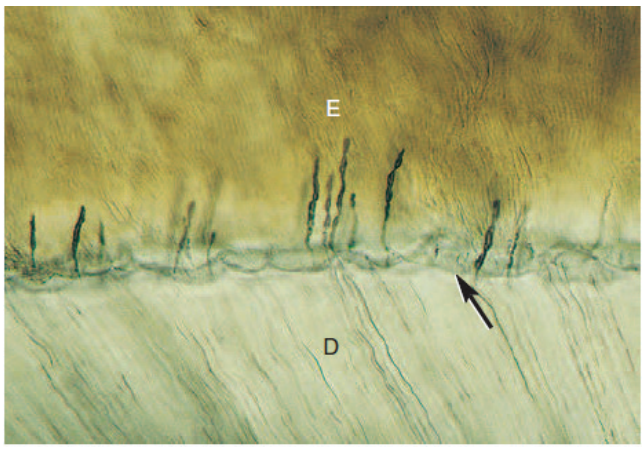


شکل ۹-۱: الکترومیکروگراف کریستالیت های مینایی شش ضلعی و بالغ.

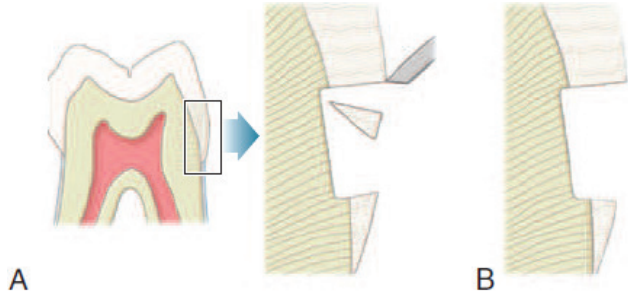


شکل ۱۰-۱: نمای میکروسکوپی لاملا که از سطح مینا به درون عاج می‌رود. به بافت مینایی (فلش) توجه کنید.

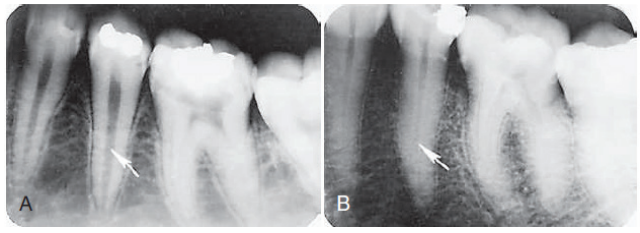
مینا سخت‌ترین ماده‌ی بدن انسان است. سختی آن می‌تواند در نواحی مختلف سطح خارجی متفاوت باشد و همچنین به سمت داخل کاهش‌یافته و حداقل سختی را در ناحیه‌ی DEJ نشان می‌دهد. دانسیته مینا نیز از سطح تا DEJ کاهش می‌یابد. مینا ساختار سختی است که هم قوی و هم شکننده است (ضریب الاستیک بالا، استحکام فشاری بالا و استحکام کششی پایین). توانایی مینا برای تحمل کردن نیروهای جویدن به یک اتصال محکم و باثبات مینا به عاج با استفاده از DEJ بستگی دارد. عاج ماده‌ای قابل‌انعطاف‌تری است که محکم و قابل ارتجاع می‌باشد (ضریب الاستیک پایین، استحکام ساختاری بالا و استحکام کششی بالا) که سختی شکست مینای سطحی‌تر را افزایش می‌دهد. اتصال بین مینا و عاج (DEJ) حاشیه‌ای اسکلوپ یا موجدار داشته و ستیغ موج‌ها به سمت میناست (شکل ۱۱-۱). برجستگی‌های گرد مینا درون فرورفتگی‌های کم‌عمق عاج قرار می‌گیرد. ممکن است این درهم‌رفتگی در انسان بادوام بین عاج و مینا نقش داشته باشد DEJ تقریباً ۲ میکرون ضخامت دارد و شامل یک کمپلکس معدنی شده از عاج درهم‌آمیخته و پروتئین‌های ماتریکس مینایی می‌باشد. علاوه بر رابطه فیزیکی و اسکلوب بین مینا گسترش می‌یابد. این لایه‌ی ماتریکس اصلاح‌شده‌ی اینترفاز، خاصیت محدودکنندگی شکستگی را برای اینترفیس بین مینا و DEJ فراهم می‌کند و همچنین ثبات ساختاری کلی اتصال مینا به عاج را تأمین می‌نماید. رادهای مینایی که درنتیجه‌ی پوسیدگی یا طراحی نادرست تراش، فاقد حمایت عاجی شده‌اند به‌راحتی از رادهای مجاور شکسته می‌شوند. برای حداکثر استحکام در تراش دندان، تمام رادهای مینایی باید توسط عاج حمایت شوند (شکل ۱۲-۱).



شکل ۱۱-۱: نمای میکروسکوپی DEJ کنگره‌ای. E، مینا; D، عاج.



شکل ۱۲-۱: A، منشورهای مینایی بدون ساپورت تکیه‌گاه عاجی به‌آسانی تحت‌فشار ابزار دستی شکسته می‌شوند. B، ناحیه‌ی طوق نشان‌دهنده‌ی رادهای مینایی ساپورت شده توسط تکیه‌گاه عاجی است.



شکل ۱۳-۱: اندازه‌ی حفره‌ی پالپ. A، رادیوگرافی پره مولر فردی جوان. B، رادیوگرافی پره مولر فردی مسن‌تر. به تفاوت سایز حفره‌ی پالپ توجه کنید (فلش‌ها).

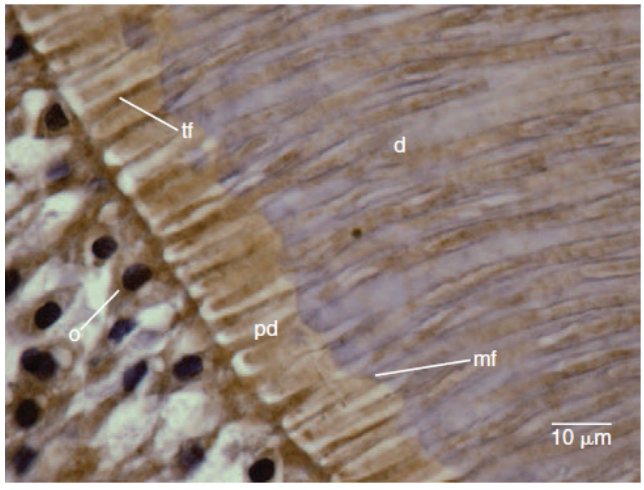
کمپلکس پالپ - عاج

بافت‌های پالپ و عاج، بافت همبند تخصص‌یافته‌ای با منشأ مزودرمی هستند که از پاپیلای جوانه‌ی دندان تشکیل‌شده است. محققین بسیاری این دو بافت را به‌عنوان یک بافت واحد در نظر می‌گیرند که مجموعه‌ی پالپ-عاج را می‌سازند و عاج معدنی محصول نهایی تمایز و بلوغ سلولی می‌باشد. پالپ دندان حفره‌ی پالپ درون دندان را اشغال کرده است و یک ارگان تخصصی بی‌همتا در بدن انسان است که چهار وظیفه را انجام می‌دهد: (۱) سازندگی(تکامل)، (۲) تغذیه، (۳) حسی (حفاظتی) و (۴) دفاعی/ترمیمی. عملکرد سازندگی تولید عاج اولیه و ثانویه توسط انتوبلاستهاست. عملکرد تغذیه‌ای فراهم کردن یون‌های معدنی، پروتئین‌ها و آب برای عاج از طریق عروق خونی تأمین‌کننده‌ی ادنتوبلاست‌ها و زوائد آن‌هاست. عملکرد حسی، فیبرهای عصبی را درون پالپ برای انتقال حس درد فراهم می‌کند. گیرنده‌های عصبی درد عاج بی‌همتا هستند زیرا تحریک با هر محرکی تنها به‌صورت درد مشخص می‌شود. پالپ معمولاً بین گرما، لمس فشار با مواد شیمیایی تمایز قائل نمی‌شود. فیبرهای حرکت پاسخ‌هایی در عضلات دیواره‌ی عروق خونی جهت کنترل گردش خون پالپ ایجاد می‌کند. عملکرد دفاعی/ترمیمی در قسمت بعد در کمپلکس پالپ-عاج: پاسخ به چالش پاتولوژیک موردبحث قرارگرفته است. پالپ با عاج احاطه‌شده و به‌طور محیطی با یک لایه‌ای سلولی از ادنتوبلاست های مجاور عاج در برگرفته‌شده است. ازلحاظ آناتومیک، پالپ به دو قسمت تقسیم می‌شود: (۱) پالپ تاجی درون حفره‌ی پالپی واقع در تاج دندان که شامل شاخک‌های پالپی است که زیر لبه‌ی انسیزال و نوک کاسپ ها قرارگرفته‌اند و (۲) پالپ ریشه‌ای که درون کانال پالپ واقع در ریشه‌ی دندان قرارگرفته است. پالپ ریشه‌ای از طریق فورامن اپیکال با فورامن ریشه، در امتداد بافت‌های محیطی قرار می‌گیرد. کانال‌های فرعی ممکن است به‌طور جانبی از پالپ از طریق عاج ریشه به بافت‌های پریودنتال امتداد یابد. شکل هر پالپ عموماً از شکل دندان تبعیت می‌کند (شکل ۳-۱).

پالپ شامل اعصاب، عروق، وریدها، مویرگ‌ها، کانال لنفاوی، سلول‌های بافت همبند، مواد بین سلولی، ادونتوبلاستها، فیبروبلاستهای تخصص‌یافته احاطه می‌شود که شامل ادنتوبلاستها، ناحیه‌ی بدون سلول و ناحیه‌ی غنی از سلول می‌باشد.

دانستن حدود و اندازه‌ی حفره‌ای پالپ در طی تراش دندان ضروری است. به‌طورکلی حفره‌ی پالپ شکل کوچک‌شده‌ای از سطح دندان است. سایز حفره‌ی پالپ بن دندان‌ها مختلف یک فرد و بین افراد مختلف متفاوت است. با افزایش سن معمولاً اندازه‌ی حفره‌ی پالپ کاهش می‌یابد. رادیوگرافی‌ها در تعیین اندازه‌ی پالپ و شرایط پاتولوژیک فوق‌العاده مفید هستند (شکل ۱۳-۱). معاینه‌ی اولیه طی روندهای درمانی جهت حفظ حیات پالپ باید صورت گیرد.

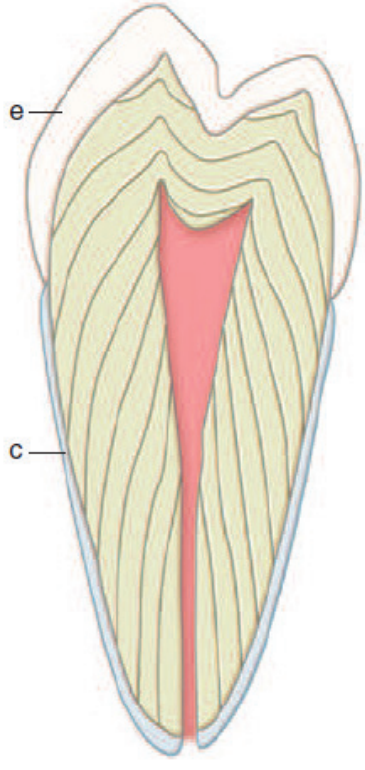
شکل‌گیری عاج، دنتینوژنزیس، توسط ادنتوبلاست ها به‌عنوان قسمتی از بافت پالپ و عاج در نظر گرفته می‌شوند زیرا بدنه‌ی آن‌ها درون حفره‌ی پالپ قرار دارد ولی زائده‌های سلولی سیتوپلاسمی بلند و باریک آن‌ها (فیبرهای تومز) درون توبول‌هایی در عاج مینرالیزه به میزان زیادی (۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون) گسترش می‌یابند (شکل ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱: ادونتوبلاست ها (O) زوائد سلولی (فیبرهای تومز tf) دارند که از میان پره دنتین (pd) به درون عاج (d) کشیده شده‌اند. mf، جبهه‌ی مینرالیزاسیون

به علت وجود این زوائد سلولی ادونتوبلاست ها، عاج- یک بافت زنده با توانایی واکنش به محرک‌های فیزیولوژیک و پاتولوژیک در نظر گرفته می‌شود. زوائد ادنتوبلاستیک گاهی از DEJ به درون مینا عبور می‌کنند و وقتی انتهای آن‌ها ضخیم می‌شود، دوک‌های مینایی (enamel spindles) نام می‌گیرند (شکل ۱۵-۱). دوک‌های مینایی ممکن است به‌عنوان گیرنده‌های درد عمل کنند که حساسیت تجربه‌شده توسط بعضی بیماران در طول تراش دندان که فقط محدود به مینا است را توجیه می‌کند. عاج بزرگ‌ترین قسمت دندان را می‌سازد و تقریباً در تمام طول دندان گسترش می‌یابد. عاج از خارج در قسمت تاج آناتومیک با مینا و در قسمت ریشه‌ی آناتومیک با سمان پوشیده شده است. از داخل عاج دیواره‌های حفره‌ای پالپ را می‌سازد (پالپ چمبر و کانال‌های پالپی) (شکل ۱۶-۱). تشکیل عاج درست قبل از تشکیل مینا آغاز می‌شود ادنتوبلاست ها با آغاز دور شدن از ادنتوبلاست های مجاور یک ماتریکس کلاژنی خارج سلولی را می‌سازند. معدنی شدن ماتریکس با تغییرات آن توسط پروتئین‌های غیر کلاژنی مختلفی به‌تدریج در طی ترشح، تسهیل می‌شود. جدیدترین لایه‌ی شکل‌گرفته‌ی عاج همیشه روی سطح پالپی است.

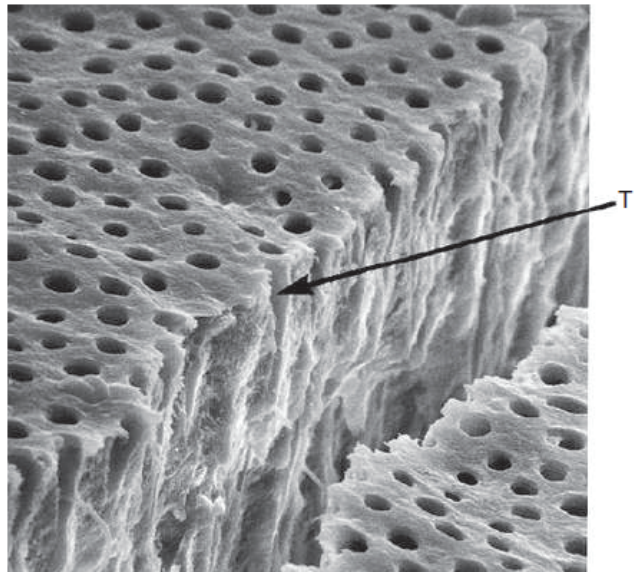
شکل ۱۵-۱: مقطع طولی مینا. زوائد ادونتوبلاستیک تحت عنوان دوک‌های مینایی تا مینا کشیده شده‌اند.



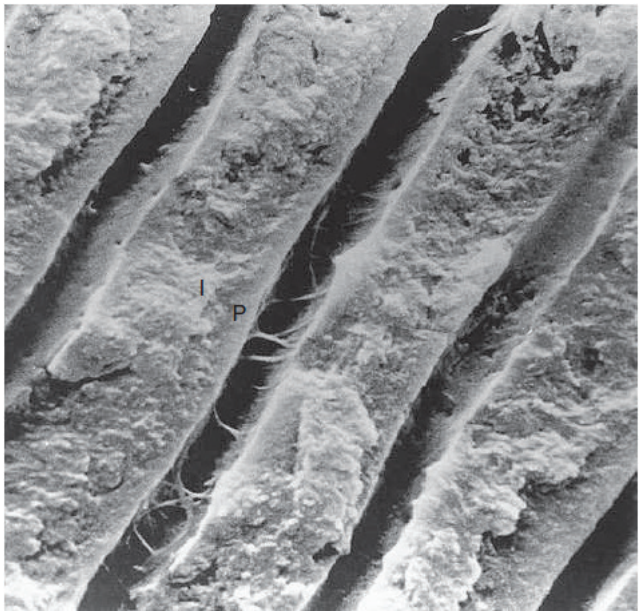
شکل ۱۶-۱: الگوی شکل‌گیری عاج اولیه. این شکل همچنین مینا (e) پوشاننده‌ی تاج آناتومیک و سمان (c) پوشاننده‌ی ریشه‌ی آناتومیک را نشان می‌دهد.

ایـن ناحیـه‌ی معدنـی نشـده درسـت در کنـار جسـم سـلولی ادنتوبلاستهاسـت و پـره دنتیـن نـام دارد (شـکل ۱۴-۱). شـکل‌گیری عـاج از نواحـی مجـاور نـوک کاسـپ یـا لبـه‌ی انسـیزال شروع‌شـده و بـه تدریـج بـه میـزان تقریبـی ۴ میکـرون در روز بـه سـمت نـوک ریشـه گسـترش می‌یابـد (شـکل ۱۶-۱). برخـلاف تشـکیل مینـا، تشـکیل عـاج پـس از رویـش دنـدان و در طـی حیـات پالـپ ادامـه دارد. عاجـی کـه شـکل اولیـه‌ی دنـدان را می‌سـازد عـاج اولیـه نـام دارد و معمـولاً ۳ سـال بعـد از رویـش دنـدان کامـل می‌شـود (در مـورد دندان‌هـای دائمـی).

توبول‌هـای عاجـی کانال‌هـای کوچکـی هسـتند کـه از پروسـه‌ی تشـکیل عـاج باقی‌ماندهانـد و در کل پهنـای عـاج از پالـپ تـا گسـترش می‌یابنـد (شـکل‌های ۱۷-۱ و ۱۸-۱). هـر توبـول شـامل زوائـد سیتوپلاسـمیک سـلولی یـک ادنتوبلاسـت (فیبـر تومـز) اسـت و بـا لایه‌هـای از عـاج اطـراف توبولـی احاطه‌شـده کـه نسـبت بـه عـاج بیـن توبولـی اطـراف بیشـتر معدنـی شـده اسـت (شـکل ۱۸-۱).



شـکل ۱۷-۱: سـطح عـاج زمینـه‌ای اسـید اچ شـده بـا اسـید فسـفریک ۳۷٪. تـرک مصنوعـی قسـمتی از توبول‌هـای عاجـی (T) را نشـان می‌دهـد. منافـذ توبول‌هـا بـاز شـده و بـا کاربـرد اسـید پهن‌تـر شـده‌اند.

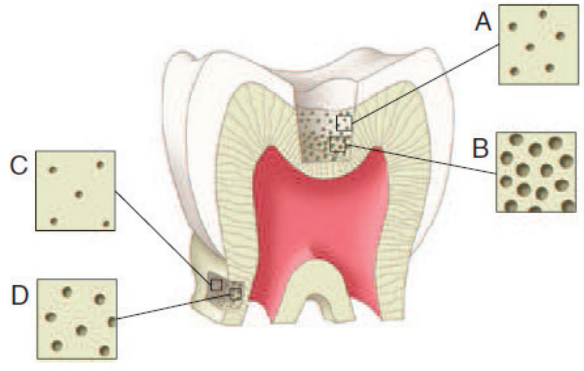


شـکل ۱۸-۱: توبول‌هـای عاجـی در مقطـع عرضـی، ۱ تـا ۲ میلـی متـری از پالـپ. عـاج دور توبولـی (p) نسـبت بـه عـاج درون توبولـی (I) معدنی‌تـر اسـت.

ناحیـه‌ی سـطحی عـاج در DEJ و اتصـال عـاج سـمان نسـبت بـه حفـره‌ی پالـپ بسـیار وسـیع‌تر اسـت. ازآنجایی‌کـه ادونتوبلاسـت هـا عـاج را طـی رونـدی روبه‌داخـل شـکل می‌دهنـد، توبول‌هـا در نزدیکـی پالـپ بـه هـم فشرده‌شـده‌اند. تعـداد توبول‌هـا از ۱۵۰۰۰ تـا ۲۰۰۰/ mm^2 در افزایـش می‌یابـد. مجـرای توبول‌هـا نیـز از تـا DEJ سـطح پالـپ متفـاوت اسـت. در عـاج تاجـی میانگیـن قطـر توبول‌هـا در DEJ تـا ۴۵۰۰۰ تـا ۶۵۰۰۰/ mm^2 در پالـپ افزایـش می‌یابـد. مجـرای توبول‌هـا نیـز از DEJ تـا سـطح پالـپ متفـاوت اسـت. در عـاج تاجـی میانگیـن قطـر توبول‌هـا در DEJ ۰/۵ تـا ۰/۹ میکـرون اسـت، امـا در نزدیکـی پالـپ بـه ۲ تـا ۳ میکـرون افزایـش می‌یابـد (شـکل ۱۹-۱).

مسـیر توبول‌هـای عاجـی در تـاج دنـدان خمیدگـی S شـکل ملایمـی می‌باشـد، امـا توبول‌هـا در لبـه‌ی انسـیزال، کاسـپ‌ها و نواحـی ریشـه‌ای مسـتقیم‌ترند (شـکل ۲۰-۱). توبول‌هـا معمـولاً عمـود بـر DEJ جهت‌گیـری کرده‌انـد. در طـول دیـواره‌ی توبول‌هـا بازشـدگی‌های جانبـی کوچکـی بـه نـام کانالیکـول یـا کانال‌هـای جانبـی وجـود دارد. کانال‌هـای جانبـی درنتیجـه‌ی وجـود شـاخه‌های ثانویـه (جانبـی) زوائـد ادونتوبلاسـتیک مجـاور در طـول دنتینوژنزیـس تشـکیل می‌شـوند. نزدیـک DEJ، توبول‌هـا بـه چنـد انشـعاب انتهایـی

تقسیم می‌شوند و یک شبکه‌ی درون ارتباطی و آناستوموز دهنده را می‌سازند (شکل ۲۱-۱).



شکل ۱۹-۱: توبول‌ها در عاج سطحی نزدیک DEJ (A) در قیاس با عاج عمقی (B) کوچک‌تر بوده و با تراکم کمتری پراکنده شده‌اند. توبول‌ها در عاج سطحی ریشه (C) و عاج عمقی ریشه (D) در مقایسه با عمق مشابه در عاج تاجی، کوچک‌تر و با تعداد کمتری می‌باشند.

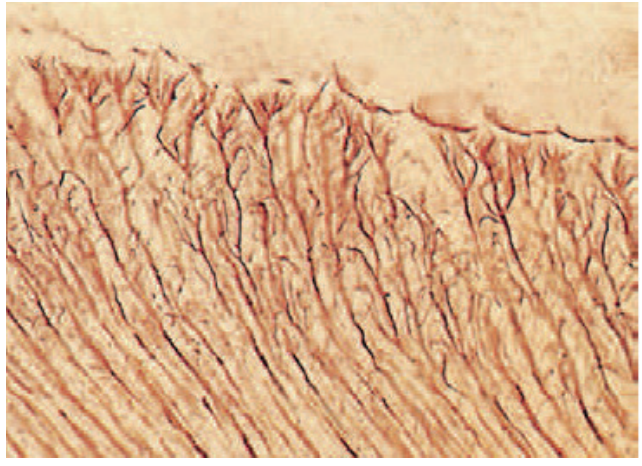
پس از شکل‌گیری عاج اولیه، رسوب عاج با سرعت کمتری (تقریبا ۴ میکرون در روز) ادامه می‌یابد، حتی اگر هیچ‌گونه محرکی وجود نداشته باشد. اگرچه که سرعت و مقدار این عاج فیزیولوژیک ثانویه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بین افراد مختلف متفاوت است. در عاج ثانویه، توبول‌ها الگوی جهتی اندکی متفاوت با عاج اولیه را نشان می‌دهند (شکل ۲۲-۱). عاج ثانویه تمام سطوح داخلی حفره‌ی پالپ را می‌سازد، اما در حفرهٔ پالپی در دندان‌های چند ریشه تمایل دارد که در سقف و کف از دیواره‌ها ضخیم‌تر باشد.

با افزایش سن دیواره‌های توبول‌های عاجی (عاج پری توبولار) در عاج اولیه به‌تدریج از طریق رسوب مداوم مواد معدنی ضخیم‌تر می‌شود. درنتیجه عاج سخت‌تر و متراکم‌تر می‌شود و از حساسیت آن کاسته می‌شود چون با کوچک‌تر شدن فضای مجاری ترشح ماده‌ی توبولار محدودتر می‌شود. این افزایش مقدار مواد معدنی در عاج اولیه، تحت عنوان اسکلروز عاج تعریف می‌شود. اسکلروزی که درنتیجه سن ایجاد می‌شود، اسکلروز فیزیولوژیک عاج نامیده می‌شود.

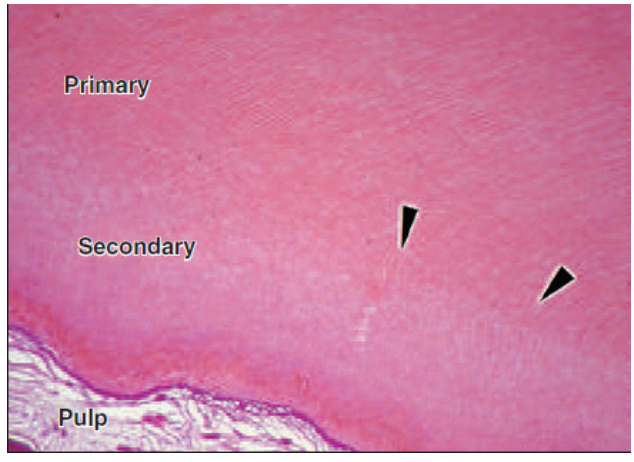
شکل ۲۰-۱: مقطع زمینه‌ای (ground section) اینسایزور انسان. مسیر توبول‌های عاجی خمیدگی S شکل خفیفی در تاج دارند، اما در نوک انسیزال و ریشه مستقیم‌اند.

عاج انسان تقریباً ۵۰ درصدحجمی از مواد غیر آلی و ۳۰ درصدحجمی مواد آلی تشکیل‌شده است. مواد آلی شامل تقریباً ۹۰ درصد کلاژن نوع ۱ و ۱۰ درصد از پروتئین‌های غیر کلاژنی است. عاج نسبت به مینا کمتر، اما از سمان و استخوان بیشتر معدنی شده است. محتوی معدنی عاج با افزایش سن بالا می‌رود. این فاز معدنی به‌طور اولیه از کریستالیت‌های عاج از کریستالیت‌های مینا کوچک‌تر و طولی معادل ۲۰ تا ۱۰۰ و عرضی معادل ۳ میکرون دارند که مشابه آن اندازه‌ای است که در استخوان و سمان دیده می‌شود. عاج به‌وضوح از مینا نرم‌تر است اما از سمان و استخوان سخت‌تر می‌باشد. سختی عاج به‌طور میانگین یک‌پنجم میناست و سختی آن در نزدیکی DEJ

سه برابر بیشتر از ناحیه‌ی نزدیک پالپ است. اگر عاج بافتی سخت و معدنی است، اما قابل انعطاف بوده و ضریب کشسانی حدود ۱۸ گیگا پاسکال (Gpa) دارد. این انعطاف‌پذیری به حمایت از مینایی شکننده‌تر و کمتر منعطف کمک می‌کند. عاج به‌اندازه‌ی ساختار رادی مینا مستعد شکستن نیست. اغلب "خطوط ترک" کوچکی روی مینا دیده می‌شود که نمایانگر شکستگی‌های خفیف ساختاری است. خطوط ترک معمولاً ازلحاظ بالینی حائز اهمیت نیست مگر آن‌که همراه با شکستگی عاج زیرین باشد. استحکام کششی نهایی عاج تقریباً ۹۸ مگا پاسکال (mpa) است، درحالی‌که استحکام کششی نهایی مینا تقریباً ۱۰ mpa است. استحکام فشاری عاج و مینا به ترتیب ۲۹۷ و ۳۸۴ مگاپاسکال می‌باشد.

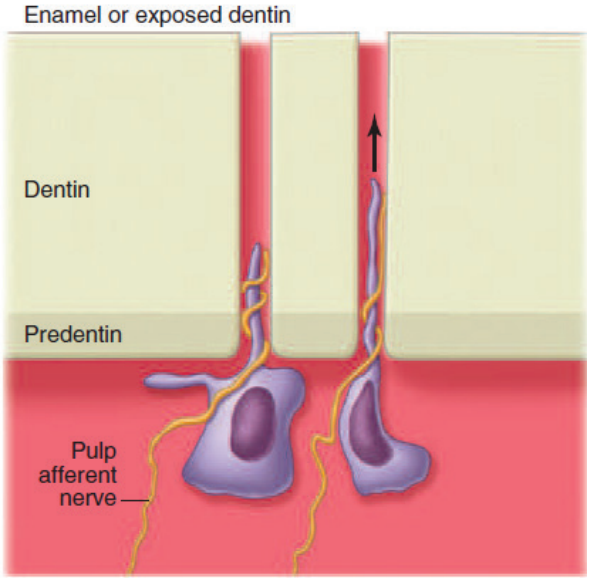


شکل ۲۱-۱: مقطع زمینه‌ای نشان‌دهنده‌ی توبول‌های عاجی و انشعابات جانبی آن‌ها نزدیک DEJ.

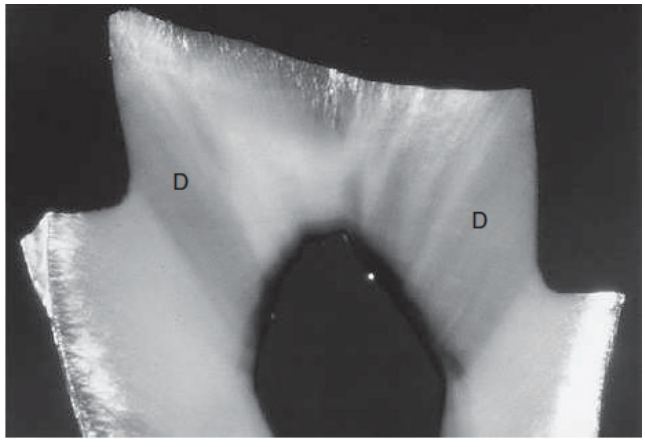


شکل ۲۲-۱: مقطع زمینه‌ای عاج با سطح پالپی در راست. خمیدگی توبول‌های عاجی از عاج اولیه به ثانویه مشخصاً تغییر می‌کند. توبول‌های عاجی در عاج ثانویه شکل نامنظم‌تری دارند.

طی تراش دندان، عاج معمولاً توسط (۱) رنگ واپسیته، (۲) بازتاب، (۳) سختی و (۴) صدا افتراق داده می‌شود. عاج معمولاً زرد- سفید و اندکی تیره‌تر از مینا است. در بیماران مسن‌تر، حاج تیره‌تر بوده و در مواجهه با مایعات دهانی، مواد ترمیمی قدیمی یا پوسیدگی‌های آهسته پیش‌رونده قهوه‌ای یا سیاه شود. سطح عاج معمولاً اپک ترومات تر بوده و نسبت به نور در مقایسه با سطح مینا که براق به نظر می‌رسد، کمتر بازتاب می‌دهد. عاج از مینا نرم‌تر است و تغییرات بیشتری در اثر فشار نوک‌تیز سوند در آن ایجاد می‌شود و در عاج گیرکرده و فرو می‌رود.



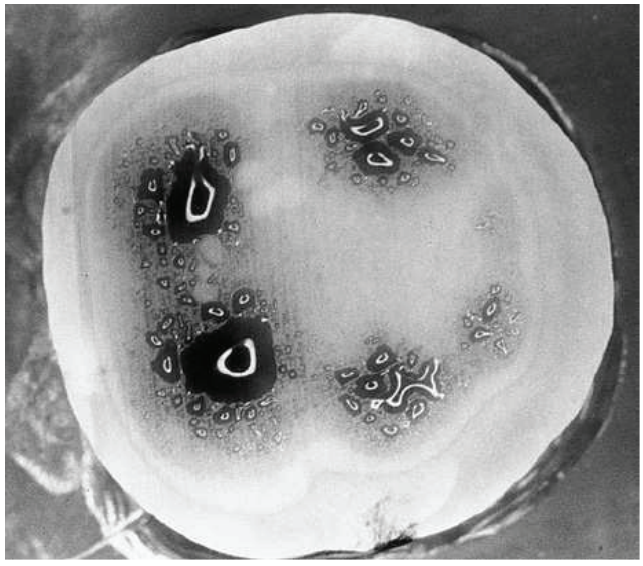
شکل ۲۳-۱: تحریکی که حرکت سریع مایع درون توبول‌های عاجی را القا کند، ادونتوبلاست ها و اعصاب آوران (فلش‌ها) را از شکل طبیعی انداخته و به حس درد منتهی می‌شود. بسیاری از روندهای ترمیم مثل برش یا خشک‌کردن با هوا، حرکت سریع مایع را القا می‌کنند.



شکل ۲۴-۱: مقطع زمینه‌ای تراش MOD (مزیو – اکلوزو – دیستال) روی یک مولر سوم. پس از تراش رنگ آبی تیره درون حفره پالپ تحت‌فشار قرار داده شد. نواحی تیره از نفوذ رنگ (D) نشان می‌دهد که توبول‌های عاجی دیواره‌های آگزیال نسبت به آن‌هایی که در کف پالپی هستند بسیار نفوذپذیرند.

حساسیت عاجی زمانی درک می‌شود که پایانه‌های آوران گیرنده‌های عصبی درد، در مجاورت نزدیک زوائد ادونتوبلاستیک درون توبول‌های عاجی، دپلاریزه می‌شود. این هدایت عصبی اغلب اوقات توسط سیستم اعصاب مرکزی به‌عنوان درد تفسیر می‌شود. تحریکات فیزیکی، دمایی، شیمیایی، باکتریایی و تروماتیک به‌وسیله‌ی فیبرهای عصبی کنترل می‌شوند و از طریق توبول‌های دندانی پرشده از مایع تشخیص داده می‌شوند اگرچه مکانیسم دقیق تشخیص هنوز به‌طور قطعی تعیین نشده است. قابل‌قبول‌ترین تئوری برای تشخیص تحریکات تئوری هیدرودینامیک می‌باشد که اظهار می‌کند که آغاز تحریک با حرکت سریع مایع توبولار درون توبول‌های عاجی به دپلاریزه شدن عصب می‌انجامد. رویه‌ی اعمال انجام‌شده شامل بریدن، خشک‌کردن، تغییرات فشار اسمزی یا تغییرات دما منجر به تحرک تسریع مایه توبولار می‌شود که به‌صورت درد درک می‌گردد.

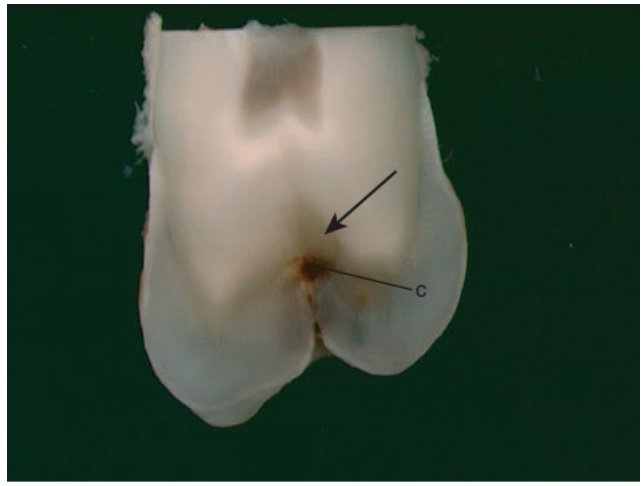
توبول‌های عاجی با مایعاتی عاجی، ترانسفورایی از پلاسما که محتوای تمام اجزای ضروری برای انجام منیرالیزاسیون است، پرشده‌اند. این اجزا شامل آب، پروتئین‌های ماتریکس، پروتئین‌های ماتریکس تغییریافته و یون‌های معدنی است. پالپ زنده‌ی دندان یک فشار مثبت ملایم دارد که منجر به ترشح مداوم مایعات عاجی به سمت سطح خارجی دندان می‌شود. مینا و سمان هرچند نیمه‌تراوا، یک‌لایه‌ی مؤثر ایجاد می‌کنند که از عاج زیرین محافظت می‌کند و ترشح مایع توبولار را محدود می‌سازد. وقتی مینا یا سمان طی تراش دندان حذف می‌شوند، سیل خارجی از بین می‌رود و به مایع توبولی اجازه حرکت بیشتری به سمت سطح برش خورده را می‌دهد. مطالعات نفوذپذیری عاج نشان داده‌اند که توبول‌ها ازنظر عملکردی بسیار کوچک‌تر از ابعاد اندازه‌گیری شده به طریق میکروسکوپی‌اند، زیرا در طول آن‌ها تنگ‌شدگی‌های زیادی وجود دارد (شکل۱۸-۱). نفوذپذیری عاج در تمام دندان یکسان نیست. عاج تاجی نسبت به عاج ریشه‌ای بسیار نفوذپذیرتر است. همچنین تفاوت‌هایی در خود عاج تاجی دیده می‌شود (شکل۲۴-۱). نفوذپذیری عاج به‌طور اولیه به ضخامت عاج باقی‌مانده (یعنی طول توبول‌ها) و قطر توبول‌ها بستگی دارد. ازآنجایی‌که توبول‌ها در نزدیکی با لپ کوتاه تر و بیشترند و قطر بزرگتری دارند، عاج عمقی در مقایسه با عاج سطحی سد کم اثرتری است (شکل ۲۵-۱).



شکل ۲۵-۱: مقطع عرضی یک‌سوم اکلوزال تاج مولر. رنگ آبی تیره درون حفره‌ی پالپ تحت‌فشار قرار داده شد. نواحی عمقی عاج (روی شاخک‌های پالپی) نسبت به عاج سطحی بسیار نفوذپذیرترند.

کمپلکس پالپ- عاج: پاسخ به چالش پاتولوژیک

کمپلکس پالپ عاج از طریق سیستم‌های ایمنی-التهابی پالپی و ترمیم/تشکیل عاج، به پاتولوژی دندان پاسخ می‌دهد. عملکردهای دفاعی و ترمیمی پالپ به‌واسطه‌ی یک پاسخ بسیار پیچیده‌ی دفاع میزبان به تحریکات باکتریایی، شیمیایی و یا حرارتی انجام می‌شود. در ابتدا آملوبلاست‌های اولیه به تشکیل ضایعه پاسخ می‌دهد و با بافت پالپی عمیق‌تر ارتباط برقرار می‌کنند (از طریق سیتوکینز و کموکینز) مانند زمانی که یک واکنش التهابی تطابقی و ذاتی شروع می‌شود. صدمات خفیف تا متوسط معمولاً یک پاسخ التهابی برگشت‌پذیر تحت عنوان پالپیت برگشت‌پذیر در پالپ ایجاد می‌کنند که با حذف پاتولوژی برطرف می‌گردد. صدمات متوسط تا شدید (مانند پوسیدگی‌های عمیق) ممکن است منجر به تخریب زوائد ادونتوبلاستی تحت تأثیر قرارگرفته و مرگ ادونتوبلاست‌های اولیه مربوط، گردد. محصولات سمی باکتری‌ها، مولکول‌های آزادشده از ماتریکس عاج دمینزالیزه شدن و یا غلظت و تمرکز بالای واسطه‌های پاسخ التهابی ممکن است سیگنالی برای مرگ ادونتوبلاست‌های اولیه باشد. در موارد صدمه‌ی شدید، یک پاسخ التهابی برگشت‌ناپذیر پالپ (پالپیت برگشت‌ناپذیر) درنهایت منجر به اتساع مویرگ، ادم ناحیه‌ای، بند آمدن جریان خون، کمبود اکسیژن و نهایتاً نوروز پالپی خواهد شد (فصل ۲).



شکل ۲۶-۱: عاج شفاف (فلش) زیر یک ضایعه‌ی پوسیدگی (C).

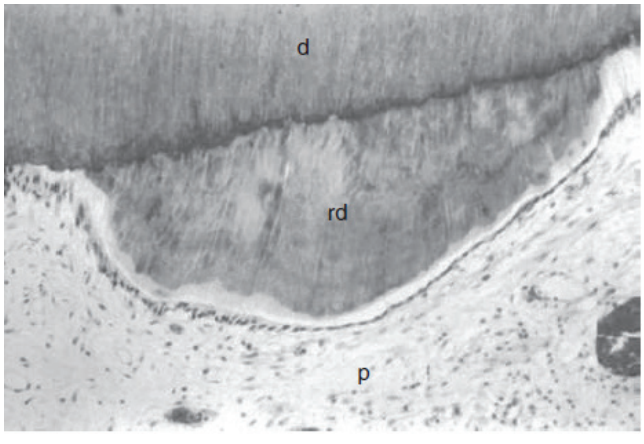
خیلی زود پروسه‌ی دفاع میزبان در عاج اولیه، توقف پیشرفت ضایعه‌ی پوسیدگی را به‌وسیله‌ی رسوب مواد معدنی در مجراهای توبول‌های عاجی ناحیه‌ی تحت تأثیر قرارگرفته را دنبال می‌کند. انسداد فیزیکی مجراهای توبولی، توانایی نور را برای عبور از این منطقه افزایش می‌دهد (یعنی شفافیت آنرا افزایش می‌دهد). این عاج، عاج شفاف (transparent dentin) نامیده می‌شود (شکل ۲۶-۱). عاج در این منطقه به دلیل از دست رفتن عاج بین توبولی، به‌اندازه‌ی عاج نرمال اولیه سخت نیست (فصل ۲ را ببینید). پروسه ترمیمی موفق دفاع میزبان منجر به ریمنالیزه شدن عاج بین توبولی علاوه بر انسداد معدنی توبول‌های عاجی می‌شود، به‌طوری‌که سختی نهایی عاج اولیه‌ی تحت تأثیر پوسیدگی، اسکلرز عاج واکنشی نامیده می‌شود.

پروسه‌ی تشکیل عاج عمقی همزمان با پاسخ التهابی پالپی اتفاق می‌افتد و منجر به تشکیل عاج ثانویه در اینترفیس پالپ–عاج می‌گردد. اثر اصلی این پروسه‌ها، افزایش ضخامت/کارایی عاج به‌عنوان یک سد محافظتی برای بافت پالپ، می‌باشد. دو نوع عاج ثانویه در پاسخ به تشکیل ضایعه ایجاد می‌شود. در مورد صدمه‌ی خفیف (برای مثال یک ضایعه‌ی پوسیدگی کم‌عمق)، ادونتوبلاست‌های اولیه شروع به افزایش تشکیل عاج در طول جنبه‌های داخلی عاج زیر ناحیه‌ی تحت تأثیر قرارگرفته، به‌وسیله‌ی ترشح عاج واکنشی ثالثیه (با "عاج واکنشی")، می‌کنند. عاج واکنشی ماهیت توبولار دارد و با عاج اولیه و ثانویه، به هم‌پیوسته است.

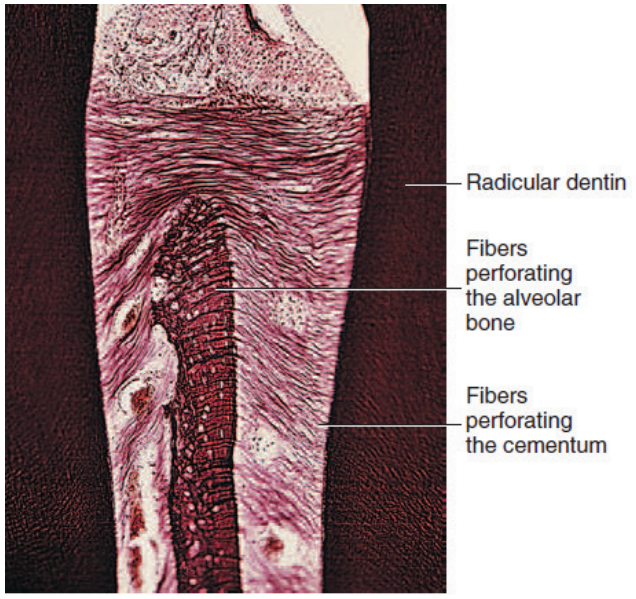
صدمه‌ی شدیدتر (برای مثال یک صدمه‌ی پوسیدگی عمیق) منجر به مرگ ادونتوبلاست‌های اولیه می‌شود. هنگامی‌که مراحل درمانی با موفقیت صدمه را برطرف می‌کنند، سلول‌های جایگزین (به نام‌های گوناگون ادنتوبلاست‌های ثانویه، سلول‌های شبه ادنتوبلاست، یا سلول‌های ادنتوبلاستوئید) از سلول‌های مزانشیم پالپی تمایز پیدا می‌کنند. ادنتوبلاست‌های ثانویه بعداً عاج ترمیمی ثالثیه (یا "عاج ترمیمی") را به‌عنوان بخشی از دفاع مداوم میزبان، می‌سازند. عاج ترمیمی معمولاً به‌صورت عاج ناحیه‌ای ظاهر می‌شود که روی دیوار حفره‌ی پالپ، دقیقاً زیر ناحیه‌ای از دندان که آسیب‌دیده، رسوب می‌کند (شکل ۲۷-۱). عاج ترمیمی معمولاً غیرتوبولار است و درنتیجه ازنظر ساختاری با عاج اولیه و ثانویه متفاوت است.

سمان

سمان لایه‌نازکی از بافت سخت دندانی است که ریشه‌ی آناتومیک دندان را می‌پوشاند و توسط سلول‌هایی به نام سمنتوبلاست که از سلول‌های مزانشیمی تمایز نیافته داخل بافت همبند فولیکول دندانی ایجاد می‌شوند، ساخته می‌شود. سمان اندکی از عاج نرم‌تر بوده و شامل حدود ۴۵٪ تا ۵۰٪ وزنی مواد معدنی (هیدورکسی آپاتیت (و ۵۰٪ تا ۵۵٪ وزنی مواد آلی و آب می‌باشد. قسمت آلی به‌طور عمده از کلاژن و پلی ساکاریدهای پروتئینی تشکیل‌شده است. الیاف شارپی قسمتی از فیبرهای کلاژن اصلی لیگامان پریودنتال هستند که در سمان و استخوان آلوئول فرورفته و اتصال دندان به آلوئول را می‌سازند (شکل ۲۸-۱). سمان بدون عروق است.



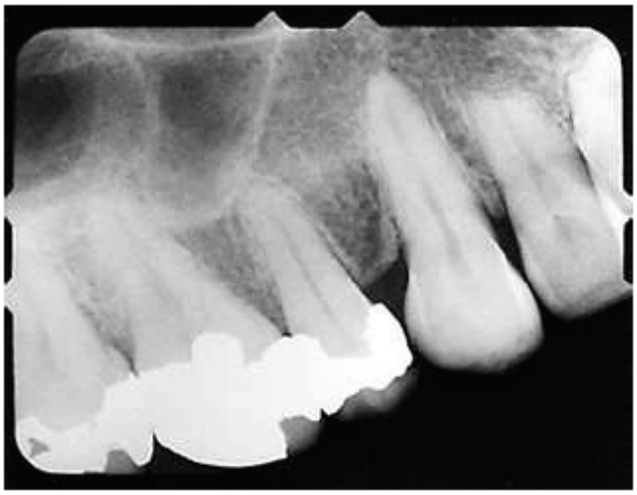
شکل ۲۷-۱: عاج ترمیمی در پاسخ به یک ضایعه‌ی پوسیدگی. d، عاج; rd، عاج ترمیمی; p، پالپ



شکل ۲۸-۱: فیبرهای اصلی لیگامان پریودنتال به درون لایه‌ی سطحی سمان به نام الیاف شارپی ادامه پیدا می‌کنند.

سمان زرد است و در رنگ اندکی روشن‌تر از عاج است. در طول زندگی دائماً تشکیل می‌شود: زیرا با افزایش سن لایه‌ی سطحی سمان، یک‌لایه‌ی جدید رسوب می‌کند تا اتصالات دست‌نخورده باقی بمانند. سمان بدون سلول (یعنی هیچ سمنتوبلاستی وجود ندارد) عمدتاً با نیمه‌ی تاجی ریشه در ارتباط است. سمان سلول دار غالباً با نیمه‌ی اپیکال ریشه در ارتباط است. سمان در انتهای ریشه فورامن اپیکال را احاطه کرده و گاهی اندک درون کانال پالپ گسترش می‌یابد. ضخامت سمان ممکن است در انتهای ریشه جهت جبران سایش اتریشنال سطح اکلوزال یا اسنیزال و رویش غیرفعال دندان، افزایش یابد.

اتصال سمان و عاج در دندان دائمی نسبتاً صاف است. اتصال سمان به عاج گرچه کاملاً شناخته‌نشده، بسیار سخت است. سمان به مینا اتصال می‌یابد تا CEJ را بسازد. در حدود ۱۰٪ از دندان‌ها مینا و سمان به هم نمی‌رسند و این امر می‌تواند منجر به ایجاد نواحی حساس شود زیرا دهانه‌ی توبول‌های عاجی پوشیده نشده‌اند.abra-sion، erosion، پوسیدگی‌ها، جرم‌گیری و پروسه‌های پرداخت نهایی ترمیم و پولیش ممکن است عاج را از پوشش سمانش برهنه سازد. این امر ممکن است منجر به حساسیت به محرک‌های مختلف شود (برای مثال، گرما، سرما، مواد شیرین، مواد ترش). سمان قابلیت ترمیم خود را تا درجات محدودی دارد و در شرایط نرمال تحلیل نمی‌رود. مقداری تحلیل در سمان و عاج قسمت اپیکال ریشه ممکن است رخ دهد، اما درصورتی‌که فشارهای ارتودنیک شدید بوده و حرکت خیلی سریع باشد (شکل ۲۹-۱).



شکل ۲۹-۱: رادیوگرافی تحلیل ریشه در اینسایزور لترال پس از حرکات ارتودنسی دندان را نشان می‌دهد.

فیزیولوژی شکل دندان

عملکرد

دندان‌ها چهار عملکرد اصلی دارند : ۱) جویدن، ۲)زیبایی، ۳) تکلم و ۴) محافظت از بافت پشتیبان شکل طبیعی دندان و قرارگیری مناسب، کارایی را در برش و خرد کردن غذا تضمین می‌کند. دسته‌های مختلف دندان – اینسایزهاور، کانین‌ها، پره مولرها و مولرها-عملکردهای خاصی را در پروسه‌ی جویدن و هماهنگی ماهیچه‌های مختلف جویدن انجام می‌دهد. شکل و تراز (نحوه‌ی قرارگیری) دندان‌های قدامی به زیبایی ظاهر فیزیکی فرد کمک می‌کند. شکل و قرارگیری دندان‌های قدامی و خلفی به تلفظ بعضی صداهای کمک می‌کند به‌طوری‌که برای تکلم مناسب باشد. درنهایت، شکل و نحوه‌ی قرارگیری دندان‌ها به رشد و حفظ بافت لثه‌ای پشتیبان و استخوان آلوئولار کمک می‌کند.

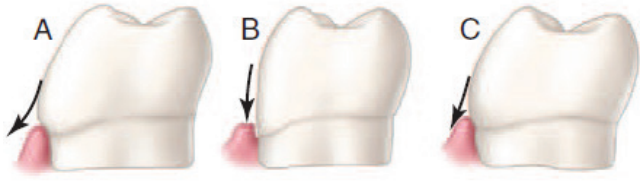
کانتورها

سطوح فیشیال و لینگول درجاتی از تحدب را نشان می‌دهند که محافظت و تحریک بافت‌های پشتیبان را طی جویدن فراهم می‌کند. تحدب عموماً در یک‌سوم سرویکال تاج سطوح فیشیال تمام دندان‌ها و سطوح لینگوال اینسایزورها و کانین‌ها قرارگرفته است. سطوح لینگوال دندان‌های خلفی عموماً بیشترین برجستگی خود را در یک‌سوم میانی تاج دارند. کانتورهای نرمال دندان غذا را تنها تا حدی منحرف می‌کند

کـه عبـور غـذا بافت‌های نـرم پشـتیبان را تحریک کنـد (با ماسـاژ ملایم) و آزار ندهـد (خراشـیدن). اگـر ایـن خمیدگی‌هـا بیش‌ازحـد باشـد، بافـت معمـولاً تحریـک کافـی از عبـور غـذا در بافت نمی‌کنـد کانتـور بیش‌ازحد انـدک ممکـن اسـت باعث آسـیب بـه اجـزاء اتصالـی شـود. کانتـور نرمال دنـدان بایـد در اجرای روندهـای ترمیمی دندانی بازسـازی شـود. موقعیت درجـه‌ی نامناسـب تحدب‌هـای فیشـیال و لینگـوال ممکن اسـت منجر به صدمـات ناحیه‌ی سـرویکال ترمیـم مولرمندیبل نادیده گرفته‌شـده اسـت. کانتـور بیش‌ازحـد بدتریـن آسیب‌رسـان اسـت، معمـولاً موجـب افزایـش گیرپـلاک می‌شـود کـه منجـر بـه وضعیـت التهابی مزمـن لثـه می‌گردد. شـکل متناسـب سـطوح پروگریمـال دنـدان در حفـظ سـلامت بافت‌های پرودنتـال به‌انـدازه شـکل سـطوح فیشـیال و لینگـوال اهمیـت دارد. حداکثـر برجسـتگی پروگزیمـال بـرای تأمیـن ایـن مـوارد کاربـرد دارد. ۱)تمـاس بـا سـطوح دنـدان مجـاور، بنابرایـن ممانعـت از پـک شـدن غـذا و ۲) فضـای امبـراژور کافـی (بلافاصلـه در اپیـکال نقطـه‌ی تمـاس) بـرای بافـت لثـه‌ای، اسـتخوان پشـتیبان، عـروق خونـی و اعصابـی کـه بـه سـاختارهای پشـتیبان می‌رونـد (شـکل ۳۱-۱).

ناحیه‌ی تماس پروگزیمال

در ابتـدا وقتـی دندان‌هـا رویـش می‌کننـد بـرای برقـراری تمـاس پروگزیمـال بـا دندان‌هـای قبـلاً روییـده، یـک نقطـهٔ تمـاس وجـود دارد. بـا سـایش سـطوح در دنـدان مجـاور طـی حـرکات فیزیولوژیک انـدازه‌ی نقطـه‌ی تمـاس افزایش‌یافتـه و تبدیـل بـه ناحیـه‌ی تمـاس می‌شـود (شـکل‌های ۳۲-۱و ۳۳-۱).



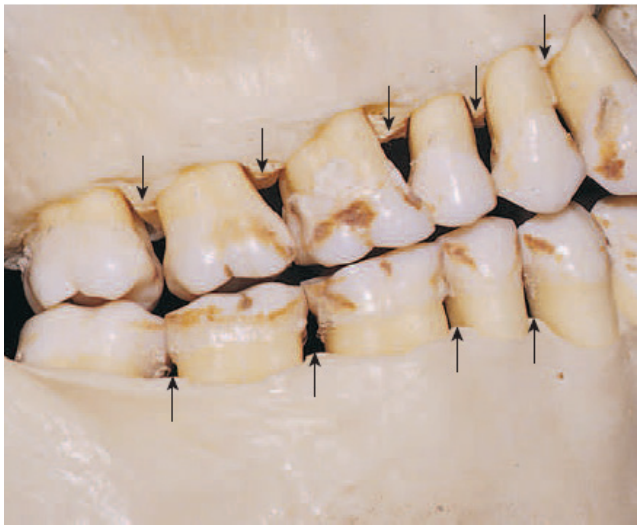
شـکل ۳۰-۱: کانتورهـا. فلش‌هـا مسـیر عبـور غـذا از روی سـطوح فیشـیال مولرهـای مندیبـل طـی جویـدن را نشـان می‌دهنـد. A، کانتـور بیش‌ازحـد، غـذا را از روی لثـه منحـرف کـرده و باعـث کاهـش تحریـک بافـت پشـتیبان می‌شـود. B، کانتـور کـم دندان ممکن اسـت منجر به آسـیب بافت نرم شـود. C، کانتـور صحیـح تحریک و نگـه‌داری کافی بافت پشـتیبان را فراهم می‌کند.

اهمیـت فیزیولوژیـک شـکل و قرارگیـری مناسـب تماس‌هـای پروگزیمالـی بسـیار زیـاد و شایسـته‌ی تأکیـد فـراوان اسـت. آن‌هـا پاپیلاهـای بیـن دندانـی سـالم و نرمـال را تشـکیل می‌دهنـد کـه فضاهـای اینترپروگزیمـال را پـر می‌کنـد. تماس‌هـای نامناسـب ممکـن اسـت منجـر بـه پـک شـدن قضـا بیـن دندان‌هـا، افزایـش ریسـک بالقـوه‌ی بیماری‌هـای پریودنتـال، پوسـیدگی‌ها و حرکـت دندان‌هـا شـود. عـلاوه بـر ایـن گیـر غذایـی بـه علـت ایجـاد بـوی بـد دهـان ناشـی از تجزیـه‌ی آن مـورد انتقـاد اسـت. تماس‌هـای پروگزیمـال و در هـم رفتـن دندان‌هـای ماگزیـلا و مندیبـل، طـی تمـاس اکلوزالـی، تمامیـت قوس‌هـای دندانـی را حفـظ و باثبـات می‌کنـد.

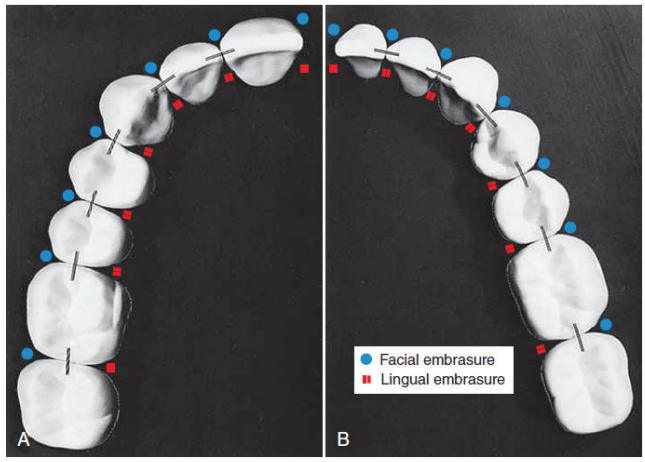
ناحیـه‌ی تمـاس پروگزیمـال در یک‌سـوم انسـیزال سـانترال‌های ماگزیـلا و مندیبـل قرارگرفتـه اسـت (شـکل ۳۳-۱). در بعد فیشـبولینگوال اندکی نزدیـک بـه سـطح فیشـیال واقع‌شـده اسـت (شـکل ۳۲-۱). از ناحیهـی قـدام بـه سـمت خلف در تمامـی دندان‌ها ناحیـه تماس نزدیـک به اتصال یک‌سـوم انسـیزال (یـا اکلـوزال) و یک‌سـوم میانی اسـت. ناحیـه‌ی تماس پروگزیمـال در مولرهـا معمـولاً بزرگ‌تـر اسـت کـه ایـن امـر بـه ممانعت از پـک شـدن غـذا در لثـه طـی جویـدن کمـک می‌کنـد. سـطح مجـاور تماس‌هـای پروگزیمـال (امبراژورهـا) معمـولاً تقـارن قابل‌توجهـی دارد.

امبراژورها

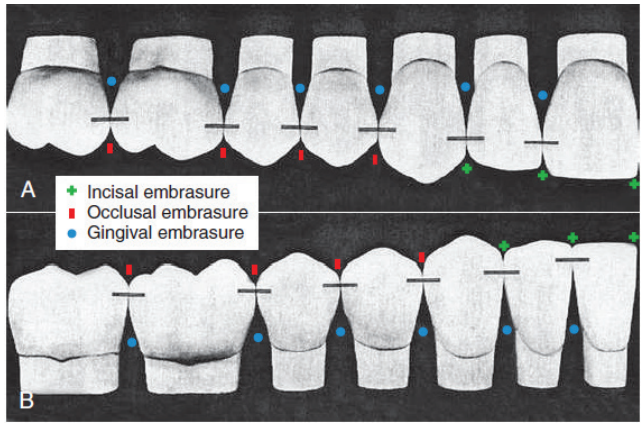
امبراژورهـا فضاهـای V شـکلی هسـتند کـه در نواحـی تمـاس پروگزیمـال بیـن دو دنـدان مجـاور ایجـاد می‌شـوند و بـر اسـاس جهتـی کـه بـه سـمت آن قـرار می‌گیرنـد نام‌گـذاری می‌شـوند. ایـن امبراژورهـا (۱) فیشـیال، (۲) لینگـوال، (۳) انسـیزال یـا اکلـوزال و (۴) جینجیـوال هسـتند (شـکل‌های ۳۲-۱ و ۳۳-۱).



شـکل ۳۱-۱: قسـمتی از جمجمـه نشـان‌دهنده‌ی فضاهـای مثلثـی زیـر نواحـی تمـاس پروگزیمالـی اسـت. ایـن فضاهـا بـرای حمایـت از دنـدان بـا بافـت نـرم و اسـتخوان اشـغال می‌شـوند.

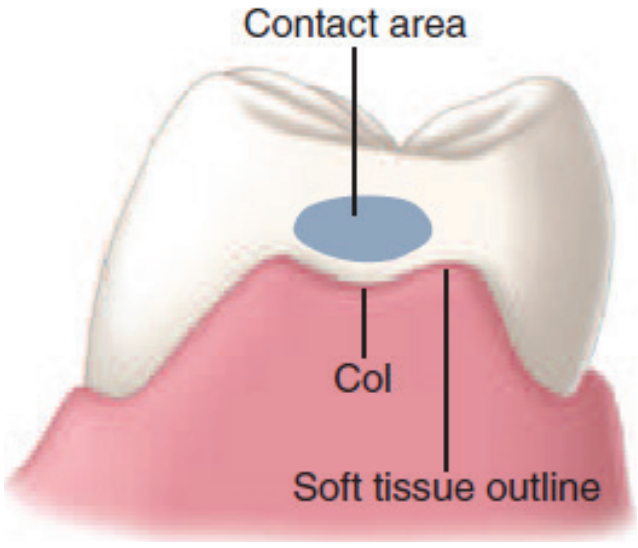


شکل ۳۲-۱: نواحی تماس پروگزیمالی. خطوط مشکی موقعیت تماس را از نمای فیشیو لینگوالی نشان می‌دهد. A، دندان‌های ماگزیلا. B، دندان‌های مندیبل. امبراژورهای فیشیال و لینگوال مشخص‌شده‌اند.



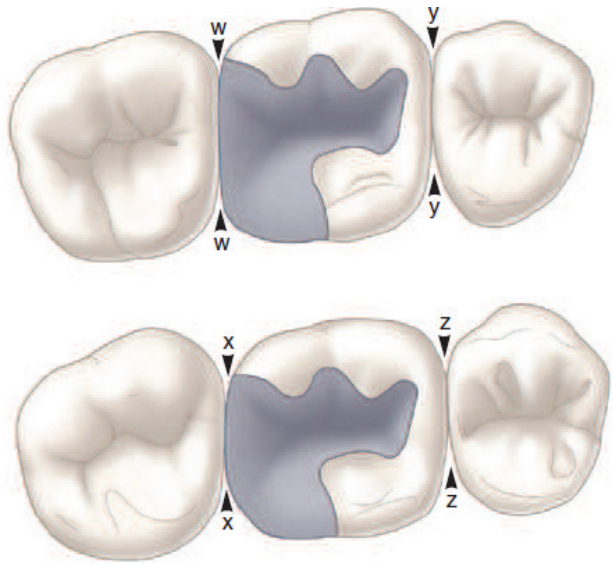
شکل ۳۳-۱: نواحی تماس پروگزیمالی. خطوط سیاه مکان اینسایزو جینجیوالی و اکلوزو جینجیوالی تماس را نشان می‌دهند. امبراژورهای اینسایزال، اکلورال و جینجیوال مشخص‌شده‌اند. A، دندان‌های ماگزیلاری. B، دندان‌های مندیبولار.

در ابتدا پاپیلای بین دندانی امبراژور جینجیوال را پر می‌کند. وقتی شکل و عملکرد دندان‌ها ایده آل بوده و بهداشت مطلوب دهان حفظ شود، ممکن است پاپیلای بین دندانی طی زندگی در موقعیت خودمانی باقی نماند. وقتی امبراژور جینجیوال توسط پاپیلا پرشده است، از به دام افتادن غذا در این ناحیه پیشگیری می‌شود. در مقطع فیشیولینگوال عمودی، پاپیلا بین دندان‌های قدامی به شکل مثلثی دیده می‌شود، درحالی‌که در دندان‌های خلفی ممکن است شبیه دامنه‌ی کوه باشد که قسمت فیشیال و لینگوال قله بوده و دره (col) زیر نقطه‌ی تماس قرار می‌گیرد (شکل ۳۴-۱). این col یک ناحیه تقعر مرکزی فیشیولینگوال زیر تماس است و چون با اپیتلیوم غیر کراتینیزه پوشانده شده است، از شکل نادرست تماس با امبراژور نسبت به بیماری پریودنتال مستعدتر است.

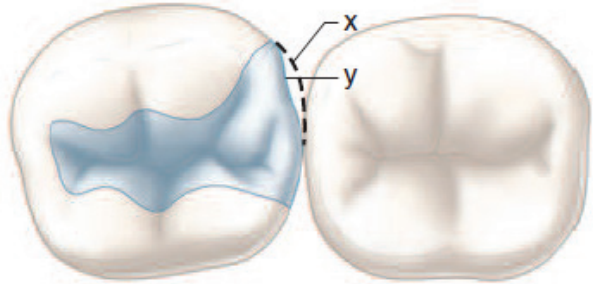


شکل ۳۴-۱: رابطه‌ی پاپیلای بین دندانی ایده آل و ناحیه‌ی تماس مولر.

رابطه‌ی صحیح امبراژورها، کاسپ‌ها با سالکوس، مارژینال ریج و شیارهای دندان‌های مجاور و مقابل به فرار غذا طی جویدن کمک می‌کند. وقتی اندازه‌ی یک امبراژور کاهش‌یافته یا امبراژور بیش‌ازحد بزرگ محافظت کمتری از ساختارهای پشتیبان به عمل می‌آورند زیرا غذا توسط کاسپ‌های مقابل به فضای بین دندانی فشردن می‌شود (شکل ۳۵-۱). بهترین مثال عدم توانایی ترمیم کاسپ دیستال اولین مولر مندیبل در زمان جای گذاری ترمیم است (شکل ۳۶-۱). امبراژورهای لینگوال معمولاً از امبراژورهای فیشیال بزرگ‌تر هستند و این امر امکان می‌دهد غذای بیشتری در سمت لینگوال قرار گیرد زیرا زبان نسبت به وستیبول باکال راحت تر غذا را به سطح اکلوزال برمی گرداند (شکل ۳۲-۱). مارژینال ریج‌های دندان‌های خلفی مجاور باید در ارتفاع یکسانی باشند تا تماس و امبراژور متناسبی را شکل دهند. وقتی این رابطه وجود نداشته باشد، مشکلات همراه با تماس پروگزیمالی ناکافی و شکل نادرست امبراژور ممکن است افزایش یابد.

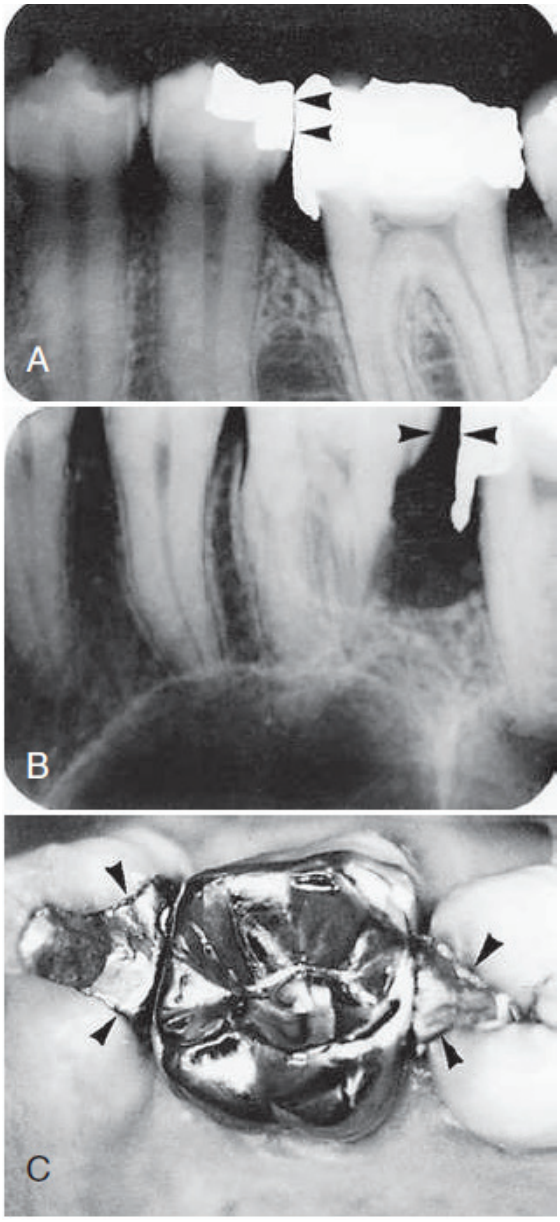


شکل ۳۵-۱: شکل امبراژور. W، شکل نادرست امبراژور باعث برجستگی نادرست ترمیم و درنهایت لثه‌ی ناسالم براثر تحریک ناکافی می‌شود. x، شکل خوب امبراژور. y، سایش اصطکاکی نواحی تماس منجر به کاهش ابعاد امبراژور می‌شود. z، وقتی شکل امبراژور خوب است، بافت پشتیبان تحریک کافی از غذا طی جویدن دریافت می‌کند.



شکل ۳۶-۱: شکل امبراژور. x، قسمتی از دندان که طی جویدن از بافت پشتیبان محافظت می‌کند. y، عدم توانایی ترمیم در ایجاد یک کانتور مناسب برای شکل خوب امبراژور.

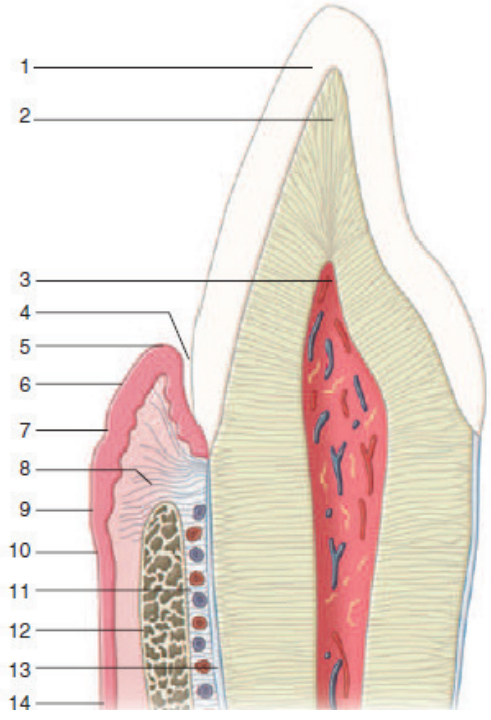
حفظ خمیدگی‌های کاسپ‌ها و سطوح عملکردی مقابل کفایت جویدن طی زندگی را فراهم می‌سازد (شکل ۲-۱). شکل آناتومیک صحیح دندان‌ها باعث خود تمیز شوندگی بیشتر آن‌ها می‌شود زیرا کانتورهای گرد شده‌ی ملایم بیشتر در معرض عملکرد پاک‌کننده‌ی غذا و مایعات و حرکات اصطکاکی زبان، لب‌ها و گونه‌ها قرار می‌گیرند. ناتوانی در فهم و حفظ اشکال آناتومیک صحیح ممکن است در شکست سیستم ترمیمی دخیل باشد (شکل ۳۷-۱).



شکل ۳۷-۱: شکل آناتومیک ضعیف ترمیم. A، رادیوگرافی از تماس صاف/آمالگام در ناحیه‌ی جینجیوال و تحلیل عمودی حاصله‌ی استخوان. B، رادیوگرافی از ترمیم با آمالگام اضافی در ناحیه‌ی جینجیوال و عدم حضور تماس که منجر به تحلیل استخوان و پوسیدگی ریشه‌های مجاور می‌شود. C، شکل ضعیف امبراژور و مارژین های ترمیم.

ماگزیلا و مندیبل

ماگزیلای انسان با دو استخوان شکل می‌گیرد، استخوان ماگزیلا پره ماگزیلا. این دو استخوان حجم فک بالا و قسمت اصلی کام را ساخته و به شکل‌گیری کف کاسه‌ی چشم و طرفین و کف حفره‌ی بینی کمک می‌کنند. آن‌ها در ابتدا حاوی ۱۰ دندان شیری ماگزیلا و بعد ۱۶ دندان دائمی در زائده‌ی آلوئول می‌باشند (شکل۱-۱ و ۳-۱ و برچسب ۷ را ببینید).



شکل ۳۸-۱: مقطع عمودی اینسایزور ماگزیلا که بافت‌های پشتیبان را نمایش می‌دهد: ۱، مینا; ۲، عاج; ۳، پالپ; ٤، شیار لثه; ٥، لبه‌ی آزاد لثه; ٦، لثه‌ی آزاد; ۷، شیار لثه‌ی آزاد; ۸، لامینا پروپریای لثه; ۹، لثه‌ی چسبنده; ۱۰، اتصال لثه و مخاط; ۱۱، لیگامان پریودنتال; ۱۲، استخوان آلوئولار; ۱۳، سمان; ١٤، مخاط آلوئولار.

مندیبل با فک پایین به شکل نعل اسب بوده و از هر طرف توسط TMJ به جمجمه متصل می‌شود. بدنه‌ی مندیبل از دو قسمت افقی تشکیل‌شده است که در خط وسط توسط سمفیزم به هم وصل می‌شوند و راموس‌ها، قسمت‌های عمودی زائده‌ی کرونوئید و کندیل قسمت فوقانی هر راموس را می‌سازند. مندیبل در ابتدا حاوی ۱۰ دندان شیری مندیبل و بعد ۱۶ دندان دائمی در زائده‌ی آلوئل می‌باشد. استخوان‌های ماگزیلا و مندیبل تقریباً از ۳۸٪ تا ۴۳٪ حجمی مواد غیر آلی و ۳۴٪ حجمی مواد آلی تشکیل‌شده‌اند. مادهٔ غیر آلی هیدروکسی آپاتیت است و ماده‌ی آلی به‌طور اولیه کلاژن نوع ۱ می‌باشد که توسط ماده‌ی زمینه‌ای گلیکوپروتئین و پروتئوگلیکان احاطه می‌شود.

مخاط دهان

مخاط دهان غشاء مخاطی است که تمام ساختارها به‌جز تاج کلینیکی دندان‌ها را می‌پوشاند و از دولایه تشکیل‌شده است: (۱) اپیتلیوم سنگ‌فرشی مطبق (۲) بافت همبند پشتیبان به نام لامیناپروپریا (لامیناپروپریای لثه در شکل ۳۸-۱ را ببینید). اپیتلیوم بر اساس محل آن ممکن است کراتینیزه، پاراکراتینیزه یا غیر کراتینیزه باشد. ضخامت لامینا پروپریای پشتیبان اپیتلیوم متفاوت است و ممکن است به پریوستئوم استخوان آلوئل چسبیده باشد و یا ممکن است روی زیرمخاط قرارگرفته باشد که در نواحی مختلف دهان دیده می‌شود (برای مثال کف دهان، کام نرم). زیرمخاط شامل بافت همبند با ضخامت و فشردگی متفاوت است که به غشاء مخاطی استخوان‌های زیرین می‌چسبد. زیر مخاط حاوی غدد، عروق خونی، اعصاب و بافت چربی است.

مخاط دهان به سه دسته‌ی عملکردی اصلی تقسیم می‌شود: (۱) مخاط جونده، (۲) مخاط پوششی یا و (۳) مخاط اختصاصی. مخاط جونده از لثه‌ی آزاد و چسبنده (شکل ۳۸-۱ و شاخص‌های ۶و ۹ را ببینید) و مخاط کام سخت تشکیل شده است. اپیتلیوم این بافت‌ها کراتینیزه بوده و لامینا پروپریا یک بافت همبند متراکم، ضخیم، باثبات و حاوی رشته‌های کلاژنی می‌باشد. کام سخت به‌جز در چند نناجیه ی باریک خاص زر مخایط مشابهی دارد. لامینا پروپریای متراکم لثه‌ی چسبنده به سمان و پریوستئوم استخوان زائده‌ی آلوئولار متصل می‌شود (شکل ۳۸-۱، شاخص ۸). مخاط پوششی یا reflective داخل لب‌ها، گونه و وستیبول، سطوح طرفی زائده‌ی آلوئول (به‌جز مخاط کام سخت، کف دهان، کام نرم و سطح شکمی زبان را می‌پوشاند. این مخاط بافتی نازک و متحرک با اپیتلیوم نسبتاً ضخیم، غیرکراتینیزه و لامینا دورای نازک می‌باشد. زیرمخاط بیشتر از بافت همبند شکل و نازک با عضلات و فیبرهای الاستیک کلاژنی تشکیل شده و نواحی مختلفی دارد که از نظر ساختارشان باهم متفاوت‌اند. اتصال مخاط پوششی با مخاط جونده، اتصال موکوجینجیوال نام دارد که در حاشیه‌ی اپیکال لثه‌ی چسبنده در قسمت فیشیال و لینگوال در قوس مندیبل و قسمت فیشیال در قوس ماگزیلا قرار می‌گیرد. (شکل ۳۸-۱، شاخص ۱۰). مخاط اختصاصی سطح پشتی زبان و جوانه‌ها چشایی را می پوشاند. اپیتلیوم به جز در قسمت پوشش دهنده ی پاپی‌های نخی شکل جلدی، غیر کراتینیزه است.

پریودونشیوم

پریودونشیوم حاوی بافت نرم و سخت دهان است که دندان‌های را در برگرفته و حمایت می‌کند. ممکن است به دو قسمت تقسیم شود (۱) واحد لثه‌ای، متشکل از لثه‌ی آزاد و چسبنده و مخاط آلوئولار و (۲) اجزاء اتصالی، متشکل از سمان، لیگامان پریودنتال و زائده ی آلوئولار (شکل ۳۸-۱).

واحد لثه‌ای

همان‌طور که اشاره شد، لثه آزاد و چسبنده باهم مخاط جونده را می‌سازند. لثه‌ی آزاد، لثه‌ای است از لبهٔ کرست تا کف سانگوس لثه‌ای (شکل ۳۸-۱، شاخص‌های ۴ و ۶ را ببینید). سالکوس لثه‌ای فضای بین دندان و لثه‌ی آزاد است. دیواره‌ی خارجی سالکوس (دیواره داخلی لثه‌ی آزاد) با اپیتلیوم نازک غیرکراتینیزه پوشیده شده است. بخش خارجی لثه‌ی آزاد در هر امبراژور در لثه‌ای، پاپیلای لثه‌ای پایین دندانی نام دارد. شیار لثه‌ی آزاد شیار کم‌عمقی است که موازی لبه‌ی مارژینال لثه‌ی آزاد امتداد یافته و معمولاً نشان‌دهنده‌ی سطح کف سالکوس لثه است. (شکل ۳۸-۱، شاخص ۷)

لثه‌ی چسبنده بافت همبند فشرده‌ای با اپیتلیوم سنگ‌فرشی مطبق کراتینیزه است که از عمق سالکوس لثه تا اتصال لثه و مخاط گسترده شده است. شبکه‌ی فشرده‌ای از رشته‌های کلاژن، لثه‌ی چسبنده را محکم به سمان و پریوستئوم زائده (استخوان) آلوئولار متصل می‌کند. مخاط آلوئولار بافت نرم و نازکی است که با اتصالی سست به استخوان زیرین چسبیده است (شکل ۳۸-۱، شاخص‌های ۱۲ و ۱۴). با یک‌لایه‌ی اپیتلیومی نازک غیر کراتینیزه پوشیده شده است. زیر مخاط زیرین حاوی رشته‌های کلاژن با آرایش شل، بافت الاستیک، چربی و بافت ماهیچه‌ای است. مخاط آلوئول از لثه‌ی چسبنده توسط خط اتصال موکوجینجوال جداشده و به‌صورت اپیکالی تا عمق وستیبول و داخل گونه امتداد می‌یابد. ازلحاظ بالینی سطح اتصال لثه و سالکوس لثه‌ای فاکتور مهمی در دندان‌پزشکی ترمیمی است. سلامت بافت نرم باید توسط شکل آناتومیک و موقعیت درست دندان حفظ شود تا از تحلیل لثه و ابریژن و اروژن احتمالی سطوح ریشه جلوگیری شود. لبه‌ی تراش دندان نباید زیر لثه قرار بگیرد (در سطح بین مارژین لثه‌ی آزاد و کف سالکوس) مگر زمانی که به‌واسطه‌ی پوسیدگی، ترمیم قبلی، مسائل زیبایی یا سایر موارد موردنیاز برای تراش، گسترده شده باشد.

اجزای اتصالی

ریشه دندان به‌وسیله لیگامان پریودنتال (ساکت استخوانی) متصل شده است (شکل ۳۸-۱، شاخص ۱۱)، که یک بافت همبند پیچیده‌ای شامل سلول‌های بسیار، عروق خونی، اعصاب و یک ماده‌ی خارج سلولی متشکل از فیبرها و ماده‌ی زمینه‌ای، می‌باشد. اکثر رشته‌ها کلاژن بود و ماده‌ی زمینه‌ای از پروتئین‌ها و پلی ساکاریدهای متنوع تشکیل‌شده است. لیگامان پریودنتال این عملکردها را دارد: (۱) اتصال و نگه‌داری، (۲) حس، (۳) تغذیه و (۴) هومئوستاز. دسته‌های الیاف کلاژن که به نام الیاف اصلی لیگامان شناخته می‌شوند، ارتباط بین سمان و استخوان را مقدور می‌کند به‌طوری‌که دندان را معلق نگه‌داشته و حمایت می‌کند هماهنگی عملکردی عضلات جونده از طریق یک مکانیسم پروپریوسپتیو باکفایت، توسط اعصاب حسی درون لیگامان پریودنتال فراهم می‌شود. رگ‌های خونی مواد تغذیه‌ای سیستم‌های اتصالی را فراهم می‌کنند. سلول‌های خاصی در لیگامان عملکرد جذب و جایگزینی سمان، لیگامان پریودنتال و استخوان آلوئول را انجام می‌دهند.

زائده‌ی آلوئول-قسمتی از ماگزیلا و مندیبل –ساکت‌هایی که ریشه دندان‌ها در آن قرار می‌گیرد را شکل داده، حمایت می‌کند و می‌پوشاند ازلحاظ آناتومیکی مرز واضحی بین بدنه‌ی ماگزیلا و مندیبل و زائده‌ی آلوئولار وجود ندارد. زائده ی آلوئولار استخوانی است نازک و فشرده با سوراخ‌های کوچک فراوان که از درون آن‌ها عروق خونی و لنفی و اعصاب عبور می‌کند لایه‌ی داخلی ساکت استخوانی حاوی تیغه‌ی نازکی از استخوان است که ریشه‌ی دندان را احاطه می‌کند و alve-olar bone proper نام دارد. قسمت دوم استخوان، استخوان آلوئولار پشتیبان نام دارد که alveolar bone proper را احاطه و حمایت می‌کند. استخوان پشتیبان از دو قسمت تشکیل‌شده است: (۱) صفحه‌ی کورتیکال که شامل استخوان متراکم است و ضخامت داخلی (لینگوال) و خارجی (فیشیال) زائده‌ی آلوئولار را می‌سازد و (۲) استخوان اسفنجی که ناحیه‌ی بین ضخامت و alveolar bone proper را پر می‌کند.

اکلوژن

اکلوژن در لغت به معنای "بستن" در دندان‌پزشکی این واژه به معنی تماس دندان‌های دو قوس دندانی مقابل وقتی‌که فک بسته است (رابطه‌ی اکلوزالی استاتیک) و طی حرکات مختلف فک (رابطه‌ی اکلوزالی و دینامیک) می‌باشد. اندازه‌ی فک و آرایش دندان‌ها درون فک عامل طیف گسترده‌ای از تنوع می‌باشد. موقعیت تماس بین دندان‌های مقابل (تماس‌های اکوزال) درنتیجه‌ی تفاوت در اندازه و شکل دندان‌ها و فک‌ها و رابطه‌ی نسبی فکین، متفاوت است تنوع گسترده‌ای در طرح‌های اکلوزال در افراد سالم دیده می‌شود. درنتیجه تعریف الگوی الکوژن ایده آل پر از دشواری است. تلاش‌های مکرری برای توصیف

اکلوژن ایده آل صورت گرفته، اما این توصیفات بسیار محدود بوده و افراد بسیار کمی پیدا می‌شوند که با این معیارها تطابق داشته باشند. عدم موفقیت در پیدا کردن یک تعریف واحد مناسب از الگوی اکلوژن ایده آل منجر به این نتیجه‌گیری شده است که: " در آنالیز نهایی، عملکرد بهینه و عدم حضور بیماری ویژگی اصلی یک اکلوژن خوب." رابطه‌ی دندانی که در این قسمت توضیح داده می‌شود با مفهوم الگوهای اکلوژن نرمال و معمول هماهنگ بوده و روابط دندانی- و – فک مختلف را شامل می‌شود. سیستم جونده (ماهیچه‌ها، TMJها و دندان‌ها) بسیار تطبیق‌پذیر بوده و می‌تواند با موفقیت در طیف وسیعی از تنوع اندازه‌های فک و دندان، عمل کند. علیرغم تطبیق‌پذیری عالی، بعضی بیماری به‌شدت به تغییرات در تماس‌های دندان (که بر روی ماهیچه‌های جونده و TMJها مؤثر است) که ممکن است با پروسه‌های دندانی ارتودنسی و ترمیمی ایجاد شود، حساس‌اند.

الگوهای تماس اکلوزال با موقعیت مندیبل تغییر می‌کند. اکلوژن استاتیک بیشتر از با استفاده از موقعیت‌های مرجع تعریف می‌شود که شامل کاملاً بسته، بسته شدن لولایی انتهایی (TH)، حداکثر عقب‌رفته (retruded)، حداکثر جلوآمده (protruded) و حداکثر طرفی چپ و راست می‌باشد. تعداد موقعیت تماس‌های اکلوزال بین دندان‌های مقابل اثرات مهمی بر مقدار و جهت نیروی عضلانی که در طی جویدن و سایر فعالیت‌های پارافانکشنال مانند clenching مندیبل، ساییدن دندان‌های یا ترکیبی از هر دو (براکسیزم) اعمال می‌شود، دارد. در موارد شدید این نیروها باعث آسیب به دندان‌ها و/ یا بافت‌ها پشتیبان آن‌ها می‌شوند. تماس پرفشار دندان‌ها معمولاً نزدیک انتها و مرزهای حرکات مندیبل رخ‌داده و نشان‌دهنده‌ی اهمیت این نقاط مرجع می‌باشد.

تماس دندان در طول حرکت مندیبل رابطه‌ی اکلوزال دینامیک نام دارد. تماس‌های سرخوردن و لغزشی طی جویدن و سایر حرکات مندیبل رخ می‌دهند. تماس‌های سرخوردن بسته به دندان‌های درگیر، موقعیت تماس‌ها و پاسخ حاصله‌ی عضلات جونده ممکن است مفید یا مضر باشد. طراحی سطح دندان ترمیم‌شده اثرات مهمی بر تعداد و موقعیت تماس‌های اکلوزالی دارد و هر دو رابطه‌ی استاتیک و دینامیک باید موردتوجه قرار گیرد. مباحث آتی در مورد آرایش‌های رایج و تنوع‌های دندان و سیستم جونده بحث می‌کند. جویدن و روابط تماسی دندان‌های قدامی و خلفی با توجه به نیازهای ترمیمی بالقوه‌ی دندان‌ها، شرح داده شده‌اند.

توصیف کلی

نحوه‌ی استقرار دندان و قوس‌های دندانی

در شکل A ۳۹-۱ کاسپ‌ها به‌صورت برجستگی‌های کند، گرد یا نقطه‌ای از تاج دندان‌ها کشیده شده‌اند. دندان‌های خلفی یک، دو یا سه کاسپ نزدیک سطوح فیشیال و لینگوال هر دندان دارند. کاسپ‌ها با شیارهای تکاملی مشخصی از هم جداشده‌اند و گاهی شیارهای اضافی روی شیب کاسپ‌های فیشیال از کاسپ‌های لینگوال توسط شیار عمقی به نام شیار مرکزی جدا می‌شوند. فرورفتگی‌های بین کاسپ‌ها fos-sae (مفرد fossa) نامیده می‌شود. کاسپ‌ها در قوس در یک انحنای صاف استقرار یافته‌اند. معمولاً قدس ماگزیلا از قدس مندیبل بزرگ‌تر است که درنتیجه در حداکثر تماس اکلوزالی، کاسپ‌های ماگزیلا کاسپ‌های مندیبل را می‌پوشانند (شکل B ۳۹-۱). در شکل A ۳۹-۱، دو منحنی برای کمک به تجسم شکل قوس روی دندان‌ها کشیده شده است. خطوط منحنی، استقرار کاسپ‌ها و فوساهایی با عملکرد مشابه را مشخص می‌کند. در سمت چپ قوسها یک قوس فرضی ردیف کاسپ‌های فیشیال مندیبل را مرتبط کرده و خط اکلوزال فیشیال نام‌گرفته است. بالای آن‌یک قوس فرضی فوساهای مرکزی ماگزیلا را به هم متصل کرده و خط فوسای مرکزی اکلوزال نام‌گرفته است. خط اکلوزال فیشیال مندیبولار و خط فوسای مرکزی ماگزیلای وقتی‌که قوس مندیبل روی قوس ماگزیلا کاملاً بسته می‌شود، دقیقاً روی‌هم منطبق می‌شوند. در راست قوس‌های دندانی خط اکلوزال لینگوال ماگزیلاری و فوسای مرکزی مندیلار کشیده و نام‌گذاری شده‌اند. این خطوط نیز وقتی مندیبل کاملاً بسته شود بر هم منطبق می‌شوند.

در شکل B ۳۹-۱، قوس‌های دندانی کاملاً باهم جفت شده‌اند، با دندان‌های ماگزیلاری که روی دندان‌های مندیبولار پوشانده‌اند. هم‌پوشانی کاسپ‌های ماگزیلا ممکن است هنگامی‌که فک‌ها بسته‌اند مستقیماً قابل‌مشاهده باشد. حداکثر تماس کاسپی (MI) به موقعیتی از مندیبل اشاره دارد که در آن دندان‌ها در جفت‌شدگی کامل با حداکثر تعداد دندان‌های در تماس، قرار دارند. مترادف‌های MI شامل تماس بین کاسپی، حداکثر بسته شدن و حداکثر تماس بین کاسپی عادتی (MHI) می‌باشد.

در شکل C ۳۹-۱(نمای جانبی)، خط اکلوزال فیشیال مندیبولار و خط الکورال شیار مرکزی ماگزیلاری دقیقاً منطبق شده‌اند. خط الکورال لینگوال ماگزیلاری و خط فوسای مرکزی مندیبولار که در

شکل A ۳۹-۱ رسم شده‌اند نیز بر هم منطبق‌اند کاسپ‌هایی که در طول خط اکلوزال فوسای مرکزی با دندان مقابل تماس دارند، کاسپ‌های فانکشنال (هم معنی‌های شامل کاسپ‌های حمایت‌کننده، نگه‌دارنده یا استامپ نام دارند؛ کاسپ‌هایی که روی دندان مقابل قرار می‌گیرند کاسپ‌های غیر فانکشنال (هم‌معنی‌ها شامل کاسپ‌های غیرحمایت‌کننده یا غیرنگه‌دارنده) نام دارند. خط اکلوزال فیشال مندیبولار کاسپ‌های فانکشنال مندیبل را مشخص می‌کند، در حالی که کاسپ‌های فیشینال ماگزیلا غیر فانکشنال هستند. این اصطلاح معمولاً تنها به دندان‌های خلفی اطلاق می‌شود تا بتوان بین عملکرد دو ردیف کاسپ‌ها تمایز قائل شد. در برخی شرایط نقش عملکردی کاسپ‌ها می‌تواند برعکس شود که در C ۲ ۴۰-۱ نشان داده‌شده است. در دندان‌های خلفی به دلیل تماس متقابل کاسپ ـ فوسا، برای خرد کردن غذا بسیار مناسب‌اند (شکل D ۴۱-۱)

در شکل D ۳۹-۱ دندان‌های قدامی درحالی‌که دارای روابط گوناگون در موقعیت MI هستند نشان هستند نشان داده‌شده‌اند. اما اورلپ خاص ماگزیلا را نیز نشان می‌دهد. اینسایزورها به دلیل اورلپ و تماس لغزشی که روی سطح لینگوال دندان‌های فک بالا برقرار می‌کنند، مناسب‌ترین دندان برای بریدن غذا می‌باشند. در وضعیت MI، اینسایزورها و کانین‌های مندیبل با سطوح لینگوال دندان‌های مشابه در فک بالا تماس می‌یابند. میزان اورلپ افقی (over jet) و عمودی (ovser bite) (شکل ۴۰-۱ A2) می‌تواند به مقدار قابل‌توجهی بر حرکات فک پایین و طراحی کاسپ ترمیم‌های دندان‌های خلفی تأثیرگذار باشد. تفاوت‌های موجود در رشد و تکامل فکین و موقعیت دندان‌های قدامی، ممکن است منجر به open bite گردند که در آن نقایص بعد عموم یا افقی از تماس دندان‌ها باهم پیشگیری می‌کند (شکل ۴۰-۱ A3).

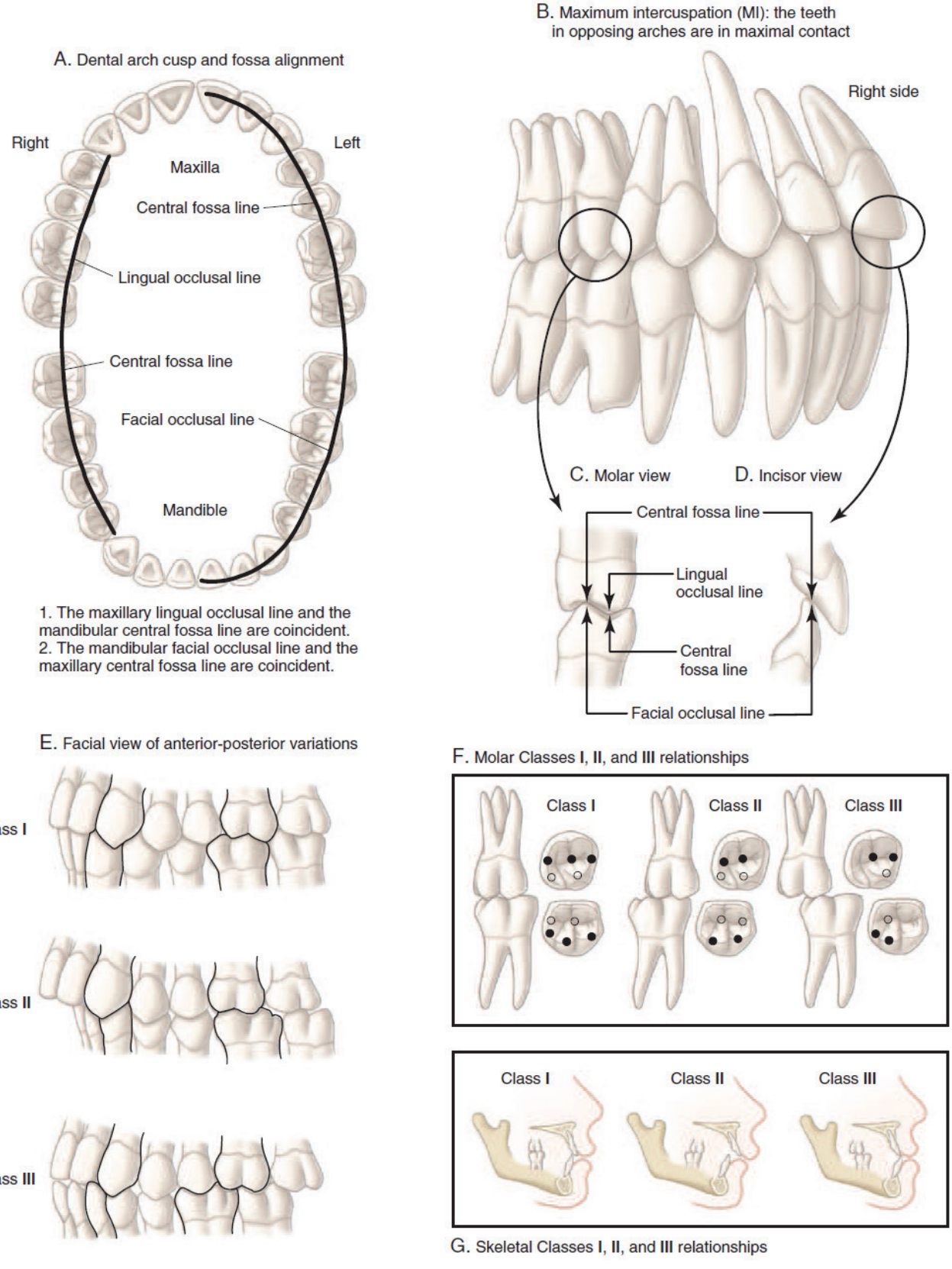
رابطه بین فکی قدامی خلفی

در شکلE ۳۹-۱، الگوی درهم قرارگیری کاسپ های دندانی مولر اول برای دسته‌بندی روابط قدامی خلفی قوس با استفاده از سیستمی که توسط انگل(Angle) ابداع‌شده است، مورداستفاده قرارگرفته است. همزمان با رویش دندان‌ها، کاسپ ها و فرورفتگی‌های دندان، دندان‌ها را به حداکثر تماس هدایت می‌کنند. عموماً سه مدل در قرارگیری در دندان‌های مولر اول قابل‌مشاهده است. شکلF ۳۹-۱ را برای مشاهده تماس‌های اکلوزالی مختلف که ناشی از موقعیت‌های مختلف مولر است، ببینید. موقعیت کاسپ مزیوفیشیال مولر اول ماگزیلا نسبت به مولر اول مندیبل، به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده در طبقه‌بندی انگل استفاده می‌شود. شایع‌ترین رابطه‌ی مولری در موقعیتی است که کاسپ مزیوفیشیال ماگزیلا در شیار تکاملی مزیوفیشیال مولر اول پایین قرار گیرد. این رابطه کلاسI انگل نامیده می‌شود. قرارگیری کمی عقب‌تر مولر اول مندیبل، منجر به قرارگیری کاسپ مزیوفیشیال مولر بالا در امبراژورفیشیال بین مولراول و پر مولر دوم پایین می‌شود. این رابطه کلاس II انگل نامیده شده و تقریباً در ٪ ۱۵جمعیت ایالات‌متحده آمریکا روی می‌دهد. قرارگیری قدامی تر مولر اول پایین نسبت به مولر اول بالا، کلاس III انگل خوانده‌شده و حداقل شیوع را دارد. در رابطه کلاسIII کاسپ مزیوفیشیال مولر اول بالا داخل شیار دیستوفیشیال مولر اول پایین جای می‌گیرد؛ این حالت در تقریباً ٪ ۳ جمعیت آمریکا درمیان مردم سایر کشورها و در گروه‌های قومی تفاوت‌های چشم‌گیری در این درصدها مشاهده می‌شود.

روابط دندانی بین فکی

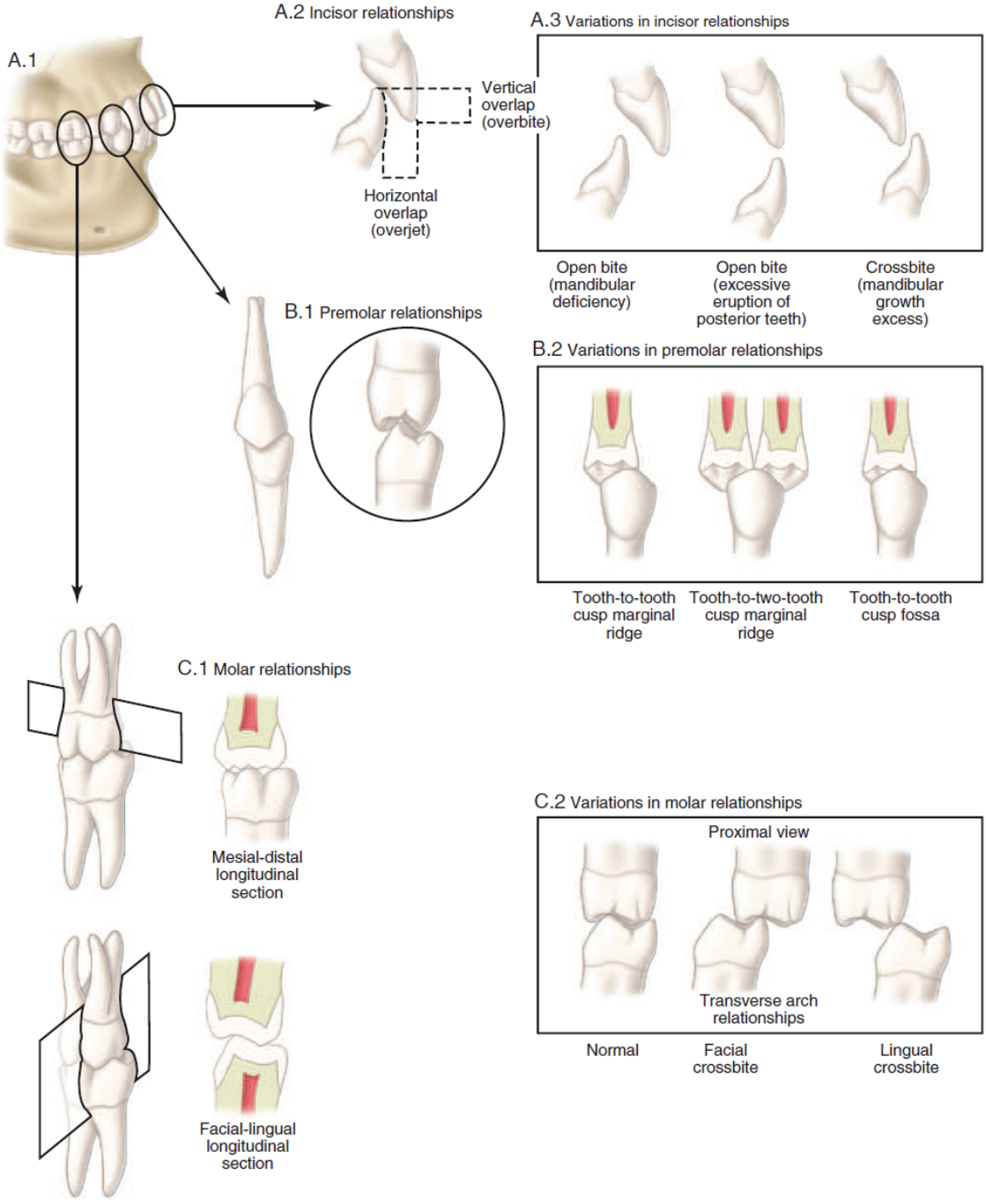
شکل ۴۰-۱ روابط تماس اکلوزال هر دندانی را با جزئیات نشان می‌دهد. در شکل ۴۰-۱ A۲ اورلپ اینسایزورها نشان داده‌شده است. اورلپ در دو بعد مشخص می‌شود: پوشش افقی(overjet) و پوشش عمودی(overbite). تفاوت در اندازه فک بالا و پایین میتواند باعث تغییرات بالینی قابل‌توجه در روابط اینسایزورها گردد. این بایت که در اثر نقص مندیبل یا رویش بیش‌ازحد دندان‌های خلفی ایجاد می‌شود و کراس بایت که نتیجه رشد اضافی مندیبل است (شکل ۴۰-۱ A۳). این تغییرات تأثیرات کلینیکی چشم‌گیری بر روابط تماسی دندان‌های خلفی و فعالیت جونده‌ی حاصله حین حرکات مختلف فک می‌گذارد؛ زیرا دندان‌های قدامی در هدایت مندیبل نقشی ندارند.

اگرچه طبقه‌بندی انگل بر اساس رابطه کاسپ ها صورت می گیرد، شکل G ۳۹ -۱ نشان می‌دهد که موقعیت ریشه‌های دندان در استخوان آلوئول، وضعیت‌های نسبی تاج‌ها و کاسپ های دندانها را مشخص می‌کند. زمانی که فک پایین اندازه‌ای تقریباً برابر با فک بالا داشته باشد، یک رابطه کلاس I مولری شکل می‌گیرد؛ هنگامی‌که مندیبل به‌طور نسبی کوچک‌تر از فک بالا باشد، یک رابطه کلاس II ایجادشده و زمانی که مندیبل نسبتاً بزرگ‌تر از فک بالا باشد، یک رابطه کلاس III به وجود می‌آید.



شکل ۳۹-۱: روابط قوس‌های دندانی

شکل ۴۰-۱ B1، یک اکلوژن کلاس I طبیعی را نشان می‌دهد که در آن هر دندان پره مولر مندیبل به‌اندازه‌ی نصف عرض دندان جلوتر از دندان مشابه خود در ماگزیلا قرارگرفته است. این رابطه منجر به تماس کاسپ فیشیال مندیبل با مارجینال ریج مزیال پره مولر ماگزیلا و نیز تماس کاسپ لینگوال پره مولر بالا با مارجینال ریج دیستال مندیبل می‌شود. به دلیل این‌که فقط یک‌دندان آنتاگونیست در تماس است، به این وضعیت اصطلاحاً رابطه دندان با دندان (tooth to tooth) گفته می‌شود. پایدارترین رابطه دندانی ماگزیلا/ مندیبل از تماس نوک کاسپ فانکشنال با دو مارجینال ریج مقابل حاصل می‌شود که اصطلاحاً تماس یک‌دندان با دو دندان (two tooth to tooth) نامیده می‌شود. تغییرات در موقعیت مزیودیستالی ریشه دندان‌ها روابط متفاوتی ایجاد می‌کند (شکل ۴۰-۱ B2).



شکل ۴۰-۱: روابط دندانی

هنگامی‌کـه مندیبـل نسـبت بـه ماگزیـلا اندکـی دیسـتالیتر قـرار دارد (ایـن موقعیـت تمایـل بـه کلاسII نامیـده می‌شـود)، نـوک هـر کاسـپ فانکشـنال در رابطـه‌ی باثباتـی بـا فرورفتگـی مزیـال یـا دیسـتال مقابـل جفـت می‌شـود؛ ایـن رابطـه یـک تمـاس کاسـپ بـا فرورفتگـی (cusp-fossa) اسـت.

شـکلC ۴۰ - ۱ رابطـه مولـری کلاس I را بـا جزئیـات بیشـتر نشـان می‌دهـد. شـکل۱-C ۴۰-۱ نشـان می‌دهـد کـه نـوک کاسـپ هـای فیشـیال مندیبـل بـا مارجینـال ریـج هـای ماگزیـلا و ریـج هـای مثلثـی شـیار مرکـزی تمـاس می‌یابنـد. مقطـع طولـی فیشـیولینگوال چگونگـی تمـاس کاسـپ هـای فانکشـنال بـا fossa هـای مقابل را آشـکار سـاخته و تأثیـر groove رشـدی را بـر کاهـش ارتفـاع کاسـپ هـای غیـر فانکشـنال در برابـر نـوک کاسـپ هـای فانکشـنال، نشـان می‌دهـد. در حـرکات طرفـی، کاسـپ فانکشـنال می‌توانـد بـدون تمـاس از میـان فضاهـای شـیار رشـدی فیشـیال و لینگـوال حرکـت کننـد. بـه خاطـر تفاوت‌هـای موجـود در رشـد عرضـی فـک بـالا و پاییـن، موقعیت‌هـای فیشـیولینگوال مختلفـی در روابـط مولـری امکان‌پذیـر اسـت.

شـکل C-۲ ۴۰-۱ موقعیـت تمـاس مولـری نرمـال، و روابـط کـراس بایـت فیشـیال و لینگـوال را نشـان می‌دهـد. کـراس بایـت فیشـیال در دندان‌هـای خلفـی به‌صـورت تمـاس کاسـپ هـای فیشـیال ماگزیـلا بـا fossa مرکـزی دندان‌هـای مقابـل در مندیبـل و نیـز تمـاس کاسـپ هـای لینگـوال مندیبـل بـا فرورفتگی‌هـای مرکـزی دندان‌هـای مقابـل در ماگزیـلا مشـخص می‌شـود. کـراس بایـت فیشـیال (کـراس بایـت بـاکال نیـز نامیـده می‌شـود) موجـب معکـوس شـدن نقـش کاسـپ هـا در دندان‌هـای درگیـر می‌گـردد. در ایـن حالـت معکـوس کاسـپهای فیشـیال ماگزیـلا و کاسـپهای لینگـوال مندیبـل کاسـپ هـای فانکشـنال و کاسـپ هـای فیشـیال مندیبـل و کاسـپ هـای لینگـوال ماگزیـلا کاسـپ هـای غیـر فانکشـنال خواهنـد شـد. کـراس بایـت لینگـوال بـه یـک رابطـه مولـری ضعیـف منجـر خواهـد شـد کـه تمـاس عملکـردی اندکـی ایجـاد خواهـد نمـود.

خصوصیات کاسپ خلفی

به‌عنـوان نمـای شـایع همـه کاسـپ هـا، ۴ ریـج کاسـپی ممکـن اسـت مشـخص شـود. شـیب خارجـی هـر کاسـپ رو بـه سـطح فاسـیال (یـا لینگـوال) دنـدان قـرار دارد و برحسـب سـطح مربوطـه نام‌گـذاری می‌شـود. در مثالـی بـا اسـتفاده از پـره مولـر دوم پاییـن (شـکل ۴۱-۱ A)، ریـج کاسـپی فیشـیال از کاسـپ فیشـیال بـا خطـی کـه شـیب خارجـی کاسـپ را مشـخص می‌کنـد نشـان داده‌شـده اسـت. شـیب‌های داخلـی کاسـپ هـای خلفـی بـه سـمت فرورفتگـی مرکـزی یـا شـیار مرکـزی دنـدان قـرار دارد. شـیب‌های داخلـی ریـج هـای کاسـپ در قاعـده بیشـترین پهنـا را داشـته و تـا رسـیدن بـه نـوک کاسـپ رفته‌رفتـه باریک‌تـر می‌گردنـد. بـه همیـن دلیـل، بـه آن‌هـا ریـج هـای مثلثـی می‌گوینـد. ریـج مثلثـی کاسـپ فیشـیال دنـدان پـره مولـر پاییـن بـا فلـش بـه سـمت شـیب داخلـی نشـان داده‌شـده اسـت. ریـج هـای مثلثـی معمـولاً بـا یـک یـا چنـد شـیار از سـایر ریـج هـای کاسـپی جـدا می‌شـوند. در شـکل C-۱ و B-۱ ۴۱-۱، شـیب‌های خارجـی کاسـپ هـای فیشـیال مولرهـای اول ماگزیـلا و مندیبـل نشـان داده‌شـده‌اند. در شـکل C-۲ و B-۲ ۴۱-۱، ریـج هـای مثلثـی کاسـپ هـای فیشـیال و لینگـوال نشـان داده‌شـده اسـت.

ریـج هـای کاسـپی مزیـال و دیسـتال از نـوک کاسـپ در جهـات مزیـال و دیسـتال امتـداد یافتـه و بـر اسـاس جهت‌گیـری خـود نام‌گـذاری می‌شـوند. ریـج هـای کاسـبی مزیـال و دیسـتال از نـوک کاسـپ هـا بـه سـمت پاییـن ادامـه یافتـه و موجـب شـکل‌گیری حالـت ویـژه‌ی فیشـیال و لینگـوال هـر کاسـپ از نمـای فیشـیال و لینگـوال می‌گـردد. در قاعـده‌ی کاسـپ، ریـج کاسـپی مزیـال یـا دیسـتال بـه ریـج کاسـپی دیگـری متصـل شـده و یـک شـیار تکاملـی را شـکل می‌دهـد، یـا ریـج کاسـپی به‌طـرف خـط مرکـزی دنـدان رفتـه و بـه مارجینـال ریـج می‌پیونـدد. مارجینـال ریـج هـا برجسـته هسـتند، ریـج هـای گـردی کـه در لبه‌هـای مزیـال و دیسـتال سـطح اکلـوزال دنـدان قرارگرفته‌انـد (شـکلA ۴۱-۱). میـز اکلـوزال دندان‌هـای خلفـی ناحیـه‌ای اسـت کـه شـامل ریـج هـای کاسـپی مزیـال و دیسـتال و مارجینـال ریـج هـای دنـدان می‌باشـد. حـدود میـز اکلـوزال در طراحـی بـا یـک خـط پیرامونـی کـه بلندتریـن نقـاط انحناهـای ریـج هـای کاسـپی و مارجینـال ریـج هـا را بـه هـم متصـل می‌کنـد، مشخص‌شـده اسـت.

شـکل منحصـر بـه فـرد کاسـپ هـا، فـرم خـاص هـر دنـدان خلفـی را ایجـاد می‌کنـد. مولـر اول پاییـن دارای ریـج مثلثـی بلندتـری بـر روی کاسـپ دیستوفیشـیال اسـت کـه موجـب انحـراف مسـیر شـیار مرکـزی می‌شـود (شـکلB-۲ ۴۱-۱). کاسـپ مزیولینگـوال مولـر بـالا بزرگ‌تـر از کاسـپ مزیوفیشـیال آن اسـت. ریـج کاسـپی دیسـتال کاسـپ مزیولینگوال مولـر اول بـالا به‌منظـور پیوسـتن بـه ریـج مثلثـی کاسـپ دیستوفاسـیال،

به سمت فاسیال انحنا یافته است (شکل۲-C ۴۱-۱). این اتصال، موجب شکل‌گیری ریج مایل که ویژگی اختصاصی مولرهای بالا است، می‌شود. شیار عرضی، ریج مایل را در محل برخورد ریج کاسپی دیستال کاسپ مزیولینگوال با ریج مثلثی کاسپ دیستوفیشیال، قطع می‌نماید.

کاسپ های فانکشنال

در شکل ۴۲-۱ خط اکلوزال لینگوال دندان‌های ماگزیلا و خط اکلوزال فیشیال دندان‌های مندیبل، محل استقرار کاسپ های فانکشنال را نشان می‌دهند. این کاسپ ها با دندان‌های مقابل، در مرکز فیشیولینگوال مربوط به خود روی یک مارجینال ریج یا یک فرورفتگی تماس می‌یابند. تماس کاسپ فانکشنال - فرورفتگی مرکزی با یک هاون و دسته هاون مقایسه می‌شود؛ زیرا کاسپ فانکشنال در برابر ریج های شکل‌دهنده تقعر فرورفتگی، غذاهای فیبری را بریده، خرد و آسیاب می‌کند (شکلD ۴۱-۱). شکل طبیعی دندان دارای ریج ها و شیارهای متعدد می‌باشد که به نحو مطلوبی برای کمک به کاهش حجم لقمه غذا حین جویدن مناسب است. حین جویدن، بالاترین نیروها و طولانی‌ترین زمان تماس در MI روی می‌دهند. کاسپ های فانکشنال هم‌چنین به‌منظور ممانعت از انحراف و رویش غیرفعال دندان‌ها به کار می‌آیند. ازاین‌رو آن‌ها را کاسپ های نگه‌دارنده می‌گویند. کاسپ های فانکشنال (شکل ۴۲-۱). با ۵ ویژگی اختصاصی شناخته می‌شوند:

۱- آن‌ها در MI با دندان مقابل تماس می‌یابند.

۲- ارتفاع عمودی صورت را حفظ می‌نمایند.

۳- به مرکز فیشیولینگوال دندان نزدیک‌تر از کاسپ های غیر فانکشنال هستند.

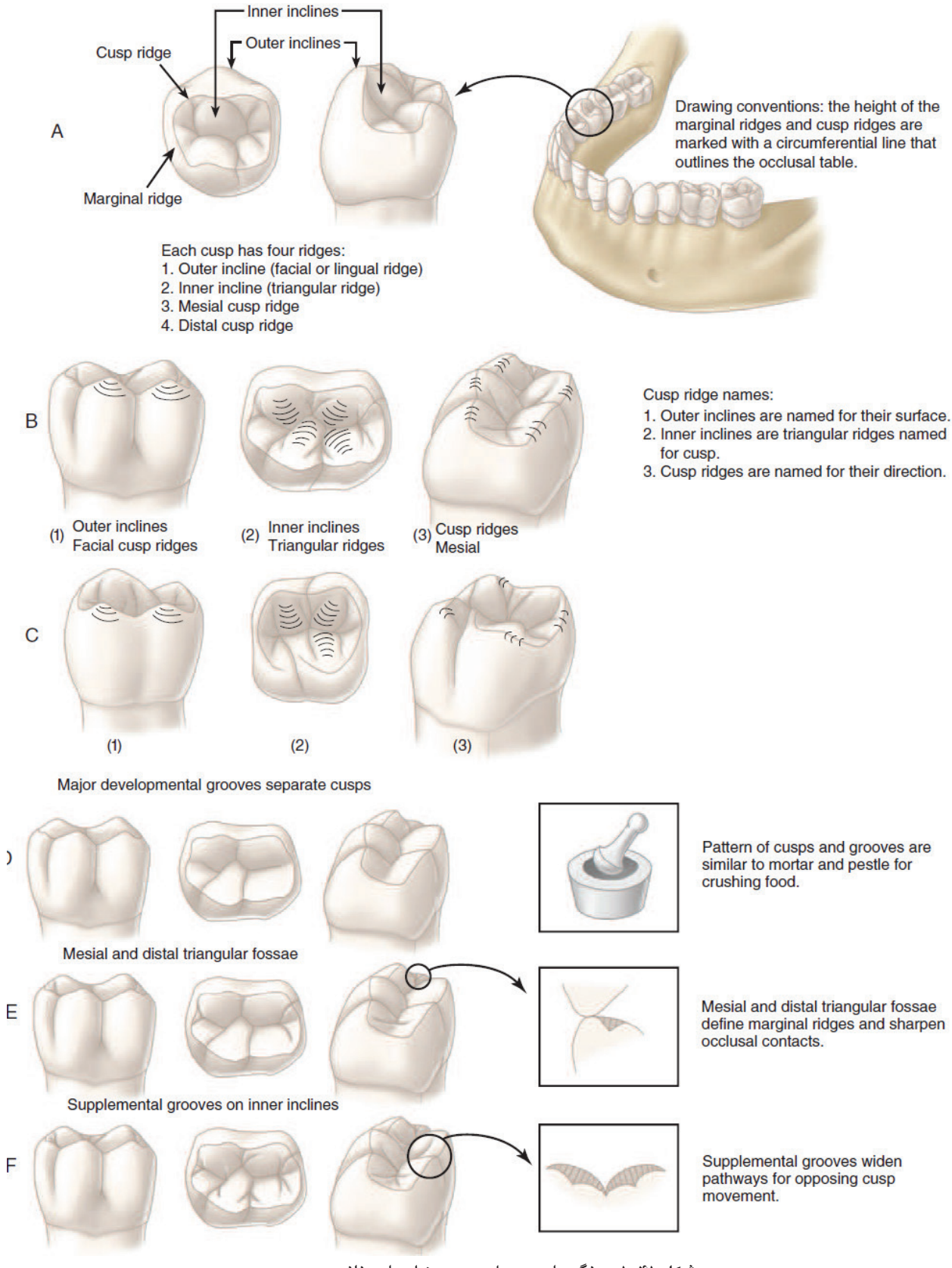
۴- شیب خارجی (facial) آن‌ها بالقوه قابلیت تماس دارد.

۵- ریج های کاسپی پهن‌تر، گردتر با ساپورت عاجی بیشتری از کاسپ های غیر فانکشنال دارند.

به علت بزرگ‌تر بودن قوس ماگزیلا نسبت به قوس مندیبل، کاسپ های فانکشنال روی خط اکلوزال لینگوال دندان‌های بالا قرار گرفته (شکلD ۴۲-۱)، درحالی‌که کاسپ های فانکشنال مندیبل روی خط اکلوزال فیشیال دندان‌های پایین جای گرفته‌اند (شکل B و A ۴۲-۱). کاسپ فانکشنال هر دو فک قوی‌تر از کاسپ های غیر فانکشنال بوده و برای خرد کردن غذا مناسب‌تر می‌باشند. تمایل لینگوالی دندان‌های خلفی، ارتفاع نسبی کاسپ های فانکشنال را در رابطه با کاسپ های غیر فانکشنال افزایش داده (شکل C۴۲-۱)، و تماس‌های کاسپ های فانکشنال با فرورفتگی مرکزی، توسط اورلپ کاسپ های غیر فانکشنال پوشیده و مخفی می‌شود (شکل F و E ۴۲-۱). نمای شماتیک حذف کاسپ های غیر فانکشنال، اجازه ی بررسی تماس های کاسپ فانکشنال _ فرورفتگی مرکزی را می‌دهد (شکل H و G ۴۲-۱) در حین ساخت ترمیم‌ها، عدم تماس کاسپ های فانکشنال با دندان مقابل، به شکلی که موجب انحراف جانبی دندان‌ها شود اهمیت می‌یابد. به‌علاوه ترمیم باید تماس‌هایی را روی فرورفتگی مسطح یا با تقعر ملایم برقرار سازد تا نیروهای جونده تقریباً به‌موازات محور طولی دندان‌ها هدایت شوند (یعنی تقریباً عمود بر سطح اکلوزال).

کاسپ های غیر فانکشنال

شکل ۴۳ -۱ نشان می‌دهد که کاسپ های غیر فانکشنال، یک خط اکلوزال لینگوال را در قوس پایین (شکل D ۴۳-۱) و یک خط اکلوزال فیشیال را در قوس بالا شکل می‌دهند (شکلB ۴۳-۱). کاسپ های غیر فانکشنال، دندان مقابل خویش را بدون تماس با آن پوشش می‌دهند. کاسپ های غیر فانکشنال هنگامی‌که از سطح قدامی خلفی دیده می‌شوند، در امبراژورهای فاسیال (لینگوال) و یا در شیار تکاملی دندان‌های مقابل خویش جای گرفته، نوعی استقرار متغیر را هنگامی‌که دندان‌ها در MI هستند، ایجاد می‌نمایند (شکل E وF ۴۳-۱). کاسپ‌های غیر فانکشنال پرمولرهای بالا، هم‌چنین نقشی اساسی در زیبایی ایفا می‌کنند. با مشاهده از نمای اکلوزال، مشخص می‌شود که کاسپ‌های غیر فانکشنال نسبت به کاسپ های فانکشنال در فاصله دورتری از مرکز فاسیولینگوال دندان قرارگرفته‌اند و ساپورت عاجی کمتری دارند. کاسپ های غیر فانکشنال دارای ریج های کاسپی تیزتری می‌باشند که همان‌طور که در حین ضربات جویدن به ریج های کاسپ فانکشنال نزدیک می‌شود، می‌توانند سبب بریدن غذا شوند. اورلپ کاسپ های غیر فانکشنال ماگزیلا به بیرون و دور نگه‌داشتن بافت نرم گونه از صدمات بالقوه‌ی میز اکلوزال کمک می‌کند. همچنین، اورلپ کاسپ های غیر فانکشنال مندیبل به دور نگه‌داشتن زبان از میز اکلوزال کمک می‌کند. بنابراین، موقعیت کاسپ های غیر فانکشنال ماگزیلا و مندیبل به جلوگیری از صدمه به خود در طول جویدن کمک می‌کند.



شکل ۴۱-۱: ویژگی‌های معمول همه‌ی دندان‌های خلفی