

## اهمیت بالینی آناتومی دندان، فیزیولوژی و اکلوژن / فصل ۱ کتاب علم و هنر

## سطح اهمیت: A

## دندان‌ها و بافت‌های نگهدارنده

دندان‌های شیری و دائمی شامل انسیزورها، کانین و مولر می‌باشد. دسته چهارم، پره‌مولرها، فقط در دندان‌های دائمی یافت می‌شوند. به دنتیشن انسان، همه چیزخوار (omnivorous) می‌گویند.

نقش دندان‌ها در دنتیشن دائمی	
به‌عنوان ابزار برش غذا عمل می‌کنند، در نمای پروگزیمال، تاج این دندان‌ها شکل تقریباً مثلثی دارد که سطح برنده باریک و بیس سرویکال وسیعی دارد.	انسیزورها
در گرفتن، سوراخ کردن و بریدن و پاره کردن غذا نقش ایفا می‌کنند. نمای پروگزیمال تاج این دندان نیز شکل مثلثی همراه با لبه انسیزال ضخیم دارد. این دندان‌ها به‌خاطر anchorage بودن و موقعیتشان در قوس دندانی به‌عنوان راهنماهای مهم اکلوژن عمل می‌کنند.	کانین‌ها
دارای نقش دوگانه هستند: (۱) در بریدن غذا مثل کانین‌ها عمل می‌کنند و (۲) در آسیاب کردن غذا مانند مولرها عمل می‌کنند.	پره مولرها
نزدیکترین دندان‌ها به مفصل گیجگاهی فکی (TMJ) هستند. این دندان‌ها نقش عمده‌ای در له کردن، آسیاب کردن و جویدن غذا ایفا می‌نمایند.	مولرها

## ساختار دندان

دندان‌ها از مینا، کمپلکس پالپ-عاج و سمان تشکیل شده‌اند.

## مینا

شکل‌گیری مینا یا آملوژنیزیس توسط سلول‌هایی به نام آملوبلاست انجام می‌گیرد. این سلول‌ها از لایه‌ی جنینی که به نام اکتوردم شناخته می‌شود، منشاء می‌گیرند.

مینا تاج آناتومیک دندان را می‌پوشاند و از ناحیه DEJ به عاج اتصال دارد.

ضخامت آن در نواحی انسیزال و اکلوژال تاج بیشتر است، تدریجاً نازکتر شده و در نهایت در CEJ تمام می‌شود.

میانگین ضخامت مینا از حدود ۲mm در لبه انسیزال دندان‌های انسیزور تا حدود ۳mm - ۲/۵ mm در کاسپ مولرها متغیر است.

کاسپ‌های دندان‌های خلفی از مراکز استخوانی شدن جداگانه پدیدار شده و لوب‌های تکاملی را شکل می‌دهند. اندازه‌ی لوب‌های تکاملی مجاور بزرگتر می‌شود تا اینکه با یکدیگر ادغام می‌شوند. در پایان فرآیند آملوژنز، groove ها (شیار) و fossa ها (حفره) در نواحی ادغام شده ایجاد می‌شوند.

ادغام ناقص یا ادغام نشدن مینای لوب‌های رشدی منجر به انواژیناسیون عمیق درون شیارهای سطوح مینایی شده که فیشور نام می‌گیرد. مینای ادغام نشده در عمیق‌ترین نقطه یک حفره، پیت خوانده می‌شود. پیت و فیشورها به‌عنوان نواحی که خودبخود تمیز نمی‌شوند معرفی می‌شوند.

یک کاسپ فانکشنال که مقابل یک شیار (یا حفره) قرار می‌گیرد، در شیب مینایی دوطرف شیار و نه در عمق آن قرار می‌گیرد. این نحوه‌ی قرارگیری یک راه فرار V شکل برای غذا بین کاسپ و شیار مقابل به جا می‌گذارد. ضخامت مینا به سمت اتصال لوب‌های رشدی کاسپ‌های دندان نازک می‌شود.

از لحاظ شیمیایی، مینا ساختاری بسیار معدنی و کریستالی است. هیدروکسی آپاتیت، بصورت شبکه‌های کریستالی، بیشترین جزء معدنی (۹۰-۹۲ درصد حجمی) را دارا می‌باشند. بقیه اجزای مینای دندان عبارتند از ماتریکس پروتئینی آلی (۱-۲ درصد حجمی) و آب (۱۲-۴ درصد حجمی).

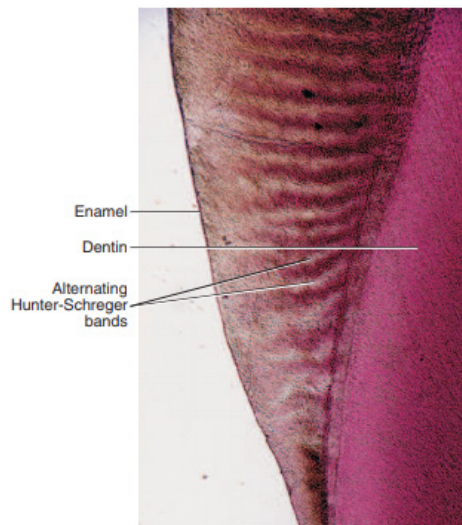
## ویژگیهای ساختاری در مینا

### خطوط رتزیوس Retzius lines

۱. به شکل دایره‌های متحدالمرکز در مقطع عرضی دندان دیده می‌شوند.
۲. به دلیل تنوع حاصل در ساختار و مینرالیزاسیون ایجاد می‌شوند.
۳. به‌عنوان حلقه‌های رشدی حین آملوژنز به شمار می‌روند.
۴. در مقطع طولی، خطوط عرضی نواحی کاسپی و انسیزال را قطع نموده و سپس به‌صورت مایل به سمت ناحیه سرویکال پایین آمده و در DEJ ناپدید می‌شوند.

## نوارهای Hunter-Schreger

۱. نمای اپتیکال ناشی از تغییر جهت منشورهای مینایی که پتانسیل ترک را در جهت اگزبال کاهش می دهد.
۲. این نوارها به نظر از نواحی تاریک و روشن متناوب با عرض های گوناگون تشکیل شده اند که از نظر نفوذپذیری و محتوای آلی اندکی تفاوت دارند.
۳. این نوارها در دندان های قدامی، نزدیک سطوح انسیزال هستند. تعداد و نواحی آنها در دندان از کاین به پرمولرها افزایش می یابد. در مولرها، نوارها از نزدیک نواحی سرویکال تا نوک کاسپها وجود دارند.



شکل ۱-۱: فوتومیکروگراف نوارهای Hunter-Schreger.

## Imbrication lines of pickerill

اگر دواير ایجاد شده توسط خطوط رتزیوس در سطح مینا کامل نباشند، تعدادی شیار متناوب، تحت نام Imbrication lines of Pickerill شکل می گیرند.

## پریکیماتا Perikymata

برآمدگی های بین شیارهای Pickerill، پریکیماتا نام دارد که به طور پیوسته دور دندان کشیده می شوند و معمولاً موازی CEJ و یکدیگر هستند.

کدام گزینه در مورد نوارهای هانتر شرگر صحیح می باشد؟ (دستیاری ۹۵)

- الف) نوعی تظاهر نوری است که مربوط به تغییر جهت توپول های عاجی است.
- ب) تعداد آنها از دندان های نیش تا دندان های آسیای کوچک کاهش می یابد.
- ج) متشکل از نواحی متناوب تیره و روشن هستند که تفاوت اندکی در محتوای غیر آلی آنها دیده می شود.
- د) متشکل از نواحی متناوب تیره و روشن هستند که تفاوت اندکی در تراوایی آنها دیده می شود.

پاسخ: گزینه د

از لحاظ ساختاری مینا از میلیون‌ها منشور مینایی، غلاف‌های منشوری و ماده‌ی سمان‌کننده بین منشوری تشکیل شده است. منشورهای مینایی، که بزرگترین اجزای ساختاری می‌باشند، بصورت خطی از قرارگیری متداوم مینا به صورت افزایشی (apposition) ایجاد می‌شوند.

در کل، منشورها در دندان‌های شیری و دائمی عمود بر DEJ و سطح دندان هستند به جزء در **نواحی سرویکال دندان‌های دائمی** که در آن به طرف خارج با تمایل اندکی اپیکالی هستند.

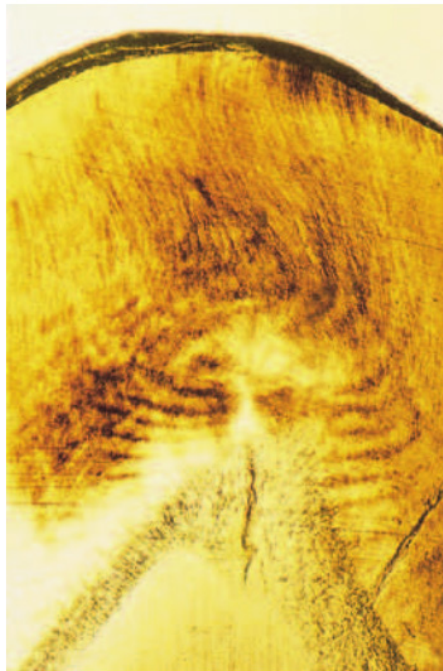
با دید میکروسکوپی، سطح مینا بطور اولیه دارای فرورفتگی‌های دایره‌ای است که نشانگر ناحیه‌ای است که منشورهای مینایی در آن تمام می‌شود. این تقعرها با افزایش سن صاف می‌شوند.

### مینای بدون منشور (Prismless)

لایه‌ی خارجی بدون ساختار مینا **۳۰ میکرومتر** ضخامت دارد و معمولاً در ناحیه سرویکال تاج دندان و کمتر در نوک کاسپ‌ها شناسایی می‌شود. هیچ اثری از منشورها در این ناحیه دیده نمی‌شود و همه‌ی کریستال‌های آپاتیت موازی یکدیگر بوده و بر خطوط Retzius عمود هستند. این لایه که مینای بدون منشور (Prismless) نام دارد می‌تواند بسیار مینرالیزه باشد.

### مینای Gnarled

منشورهای مینایی یک مسیر موجدار و مارپیچ را دنبال می‌کنند. نخست آنها یک مسیر منحنی را از یک سوم مینا نزدیک DEJ دنبال می‌کنند. پس از آن، منشورها معمولاً مسیری مستقیم‌تر را از درون دو سوم مینا به سطح دنبال می‌نمایند. گروه‌های منشورهای مینایی می‌توانند در نزدیک ناحیه سرویکال و انسیزال و اکلوزال با گروه‌های مجاور در هم بیچند و مسیری منحنی و نامنظم را طی کنند. این مینا Gnarled نام دارد و کمتر از نوع منظم مینا مستعد ترک برداشتن است و به آسانی تسلیم فشار لوازم دستی و چرخشی در حین آماده‌سازی دندان نمی‌شود.



شکل ۱-۲: مینای Gnarled

قطر منشورهای مینایی نزدیک DEJ حدود ۴ میکرومتر و نزدیک سطح حدود ۸ میکرومتر است. این تغییر قطر، سطح وسیع بزرگ خارجی را در مقایسه با سطح عاجی نزدیک DEJ می‌پوشاند. منشورهای مینایی در مقطع عرضی دارای یک سر گرد یا تنه و یک بخش دم هستند که مجموعه‌ای از منشورهای قفل شونده داخل هم را می‌سازند. سرگرد هر منشور مابین بخش باریک دم دو منشور مجاور قرار دارد، بخش سر به سمت انسیزال یا اکلوزال است؛ بخش دمی در جهت سرویکال است.

### غشای Nasmyth

آخرین عمل آمولوبلاست‌ها قبل از دژنره شدن به هنگام اتمام تشکیل منشورها، ترشح یک لایه‌ی غشایی است که انتهای منشورهای مینایی را می‌پوشاند. این لایه تحت نام غشای Nasmyth یا کوتیکول اولیه مینا نام می‌گیرد. این غشا دندان تازه رویش پیدا کرده را می‌پوشاند و با تمیز کردن و جویدن حذف می‌شود و توسط مجموعه‌ای مواد آلی به نام پلیکل جایگزین می‌شود که حاصل رسوب پروتئین‌های بزاق است.

هر منشور مینایی شامل کریستالیت‌های کوچک و دراز (small, elongated) هیدروکسی آپاتیت می‌باشد. محور طولی کریستالیت‌های آپاتیت در بخش مرکزی سر (یا تنه) تقریباً موازی محور طولی منشور است، در ناحیه دم کریستالیت‌ها با محور طولی منشور زاویه ۶۵ درجه می‌سازند.

حساسیت این کریستالیت‌ها به شرایط اسیدی ناشی از اچینگ یا پوسیدگی می‌تواند مرتبط با جهت‌گیری آنها باشد. ناحیه سر بیشترین استعداد را به دمیترالیزاسیون دارد. ناحیه دم و اطراف سر نسبتاً به دمیترالیزاسیون اسیدی مقاومند.

کریستالیت‌ها اشکال متنوعی دارند و هر کریستالیت آپاتیت از هزاران واحد تشکیل می‌شود که آرایش اتمی بسیار منظمی دارند. یک ماتریکس آلی هر یک از کریستال‌ها را احاطه می‌کند.

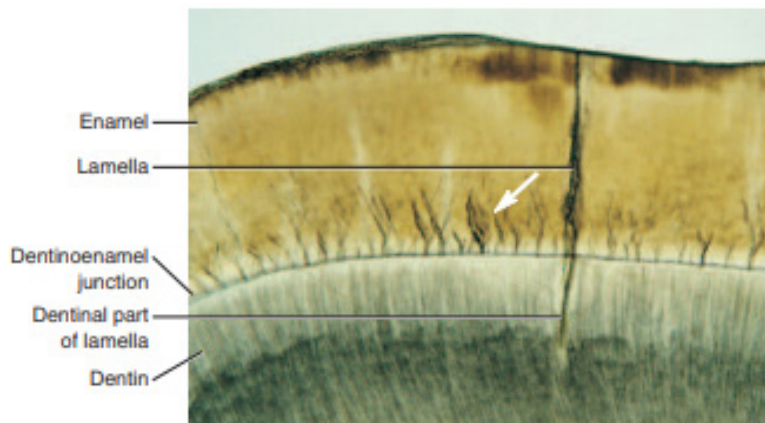
**Enamel tufts:** تافت‌های مینایی ساختارهای هایپومینرالیزه‌ای از ماده interrod در بین منشورهای

مینایی هستند که از DEJ منتشر می‌شود.

تافت‌های مینایی از عاج آغاز می‌شوند و به داخل مینا در جهت محور طولی تاج گسترش می‌یابند و می‌توانند نقشی در گسترش پوسیدگی دندان‌ها داشته باشند.

**Enamel lamellae:** لاملاهای مینایی نقایصی نازک و برگ مانند بین منشورهای مینایی هستند که از

مینا به DEJ ادامه یافته و گاهی وارد عاج نیز می‌شوند. آنها اکثراً از مواد آلی تشکیل شده‌اند و ممکن است دندان را مستعد ورود باکتری و متعاقباً پوسیدگی نمایند.



شکل ۱-۳: نمای میکروسکوپی لاملا که از سطح مینا به عاج می‌رود. به تافت‌های مینایی توجه کنید. (فلش)

کدام گزینه در مورد جهت لاملاهای مینایی صحیح است؟ (دستیاری ۹۸)

- (الف) از درون عاج به طرف مینا  
(ب) از سطح مینا به درون عاج  
(ج) از DEJ به درون عاج  
(د) از DEJ به طرف سطح مینا

پاسخ: گزینه ب

نفوذپذیری مینا به دلیل تغییرات ماتریکس مینایی با افزایش سن کاهش می‌یابد، به این کاهش نفوذپذیری بلوغ مینا (Enamel maturation) می‌گویند. انحلال پذیری مینا از سطح به سمت DEJ افزایش می‌یابد. یون‌های فلوراید انحلال پذیری سطح مینا را کاهش می‌دهند. غلظت فلوراید به سمت DEJ کاهش می‌یابد. فلوراید قادر است ضمن حفظ ساختار آپاتیت بر خواص فیزیکی و شیمیایی و سختی، واکنش پذیری شیمیایی و ثبات مینا اثر گذارد. مینا سخت‌ترین ماده بدن انسان است. سختی و چگالی مینا از سطح به سمت DEJ کاهش می‌یابد. مینا ساختاری سخت و شکننده است (ضریب کشسانی و استحکام فشاری بالا و استحکام کششی پایین). قابلیت مینا برای مقاومت در برابر نیروهای جویدن وابسته به اتصال با ثبات به عاج توسط DEJ است.

عاج بافت منعطف تری است، (ضریب کشسانی پایین، استحکام فشاری بالا، استحکام کششی بالا)، که سبب افزایش Fracture toughness مینای سطحی می شود.

DEJ نمایی Scalloped و موجدار دارد که نوک موجها به مینا نفوذ می کنند. DEJ تقریباً ۲ میکرومتر عرض دارد و از کمپلکس پروتئین های در هم آمیخته مینا و عاج تشکیل می شود.

عاج	مینا	
پایین	بالا	Elastic modulus
297 Mpa) بالا	384 Mpa) بالا	Compressive strength
98 Mpa) بالا	10 Mpa) پایین	Tensile strength

New, 7<sup>th</sup> edition

افزون بر اتصال قفل و کلیدی مینا و عاج، یک لایه ماتریکس بین فازی (به طور اولیه متشکل از شبکه فیبریلی کلاژن) به میزان ۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرومتر از DEJ به درون مینا گسترش پیدا می کند. این لایه matrix-modified interphase سبب محدود شدن fracture propagation به اینترفیس مینا و DEJ می شود و در نتیجه موجب ثبات ساختاری اتصال مینا به عاج می شود.

### کمپلکس پالپ-عاج

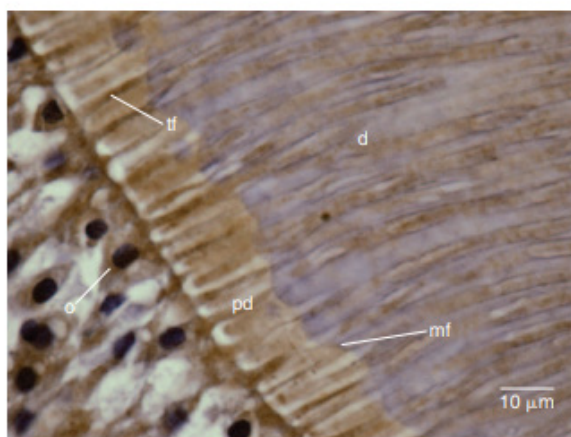
پالپ و عاج بافت های همبند تخصص یافته ای هستند که از لایه مزودرم منشاء می گیرند و شکل گیری آنها از دندان پاپیلائی جوانه دندانی است.

پالپ دندانی حفره پالپی دندان را اشغال می کند و چهار کارکرد دارد: (۱) سازندگی و تکامل (۲) تغذیه (۳) حسی و حفاظتی (۴) دفاعی یا ترمیمی.

پالپ از اطراف توسط ناحیه ی خاص ادنتوژنیک متشکل از ادنتوبلاست ها، ناحیه بدون سلول (Cell free zone) و ناحیه سرشار از سلول (Cell rich zone) محدود شده است.

با بالا رفتن سن، حفره پالپی معمولاً کوچک می شود.

تشکیل عاج یا دنتینوژنزیس توسط سلول هایی به نام ادنتوبلاست انجام می گیرد. ادنتوبلاست ها بخشی از پالپ و عاج به شمار می روند زیرا جسم سلولی آنها در حفره پالپی واقع شده است، اما زوائد سیتوپلاسمی بلند و باریک آنها (فیبرهای Tomes) به درون توبول های عاج معدنی امتداد می یابد (۱۰۰-۲۰۰ μ).



شکل ۴-۱: ادنتوبلاست‌ها (O) زوائد سلولی دارند (فیبرهای تومز) که از داخل پره دنتین (pd) به درون عاج (d) گسترش می‌یابد. mf، خط مقدم مینرالیزاسیون.

زوائد ادنتوبلاستی معمولاً از DEJ عبور می‌کنند و وارد مینا می‌شوند، هنگامی که انتهای این زوائد ضخیم می‌شود به آنها دوک‌های مینایی (Enamel-spindle) گفته می‌شود. دوک‌های مینایی می‌توانند به‌عنوان گیرنده درد به شمار روند که این موضوع را روشن می‌سازد که چرا به هنگام آماده‌سازی حفره محدود به مینا برخی بیماران دچار حساسیت هستند. تشکیل عاج درست پیش از تشکیل مینا آغاز می‌گردد. ادنتوبلاست‌ها ماتریکس کلاژن خارج سلولی را همانطور که از آملوبلاست‌های مجاور دور می‌شوند ایجاد می‌کنند. معدنی شدن ماتریکس کلاژن، که توسط شمار زیادی از پروتئین‌های غیر کلاژنی صورت می‌پذیرد، پس از ترشح آن روی می‌دهد.

## Predentin

آخرین لایه‌ی عاجی که تشکیل می‌شود همواره روی سطح پالپال است. این لایه غیر معدنی عاج درست کنار جسم سلولی ادنتوبلاست‌ها است و پره دنتین خوانده می‌شود.

## Primary dentin

عاجی که شکل اولیه دندان را می‌سازد، عاج اولیه نام می‌گیرد و معمولاً ۳ سال پس از رویش دندان دائمی کامل می‌شود. برخلاف شکل‌گیری مینا، تشکیل عاج پس از رویش دندان و در طول حیات پالپ نیز اتفاق می‌افتد. تشکیل عاج از زیر نوک کاسپ یا لبه انسیزال آغاز و به تدریج به سمت اپکس گسترش می‌یابد، سرعت آن حدود ۴ میکرومتر در هر روز است.

هر توبول عاجی حاوی زوائد سیتوپلاسمی سلولی (فیبرهای تومز) ادنتوبلاستی است که توسط یک لایه عاج پری توبولار پوشیده می‌شود که بسیار معدنی‌تر از عاج اینترتوبولار پیرامون است. تعداد توبول‌های عاجی در هر میلی‌متر مربع در DEJ نسبت به پالپ کمتر است.



در عاج کرونا، قطر میانگین توبول‌ها در DEJ  $0.5$  تا  $0.9$  میکرومتر است اما این میزان نزدیک پالپ به  $2$  تا  $3$  میکرومتر افزایش می‌یابد.

مسیر توبول‌های عاجی خمیدگی S شکل خفیفی در تاج دندان دارد اما در لبه‌های انسیزال، کاسپ‌ها و سطوح ریشه‌ای مستقیم‌تر است. توبول‌ها معمولاً عمود بر DEJ می‌باشند. نزدیک DEJ، توبول‌ها به شاخه‌های متعددی تقسیم می‌شوند که ایجاد یک شبکه مرتبط با هم را می‌کند.

## Secondary Dentin

پس از اینکه عاج اولیه شکل می‌گیرد، رسوب عاج با سرعتی پایین‌تر (تقریباً  $0.4$  میکرومتر در روز) حتی بدون محرک آشکار خارجی ادامه پیدا می‌کند.

در عاج ثانویه توبول‌ها مسیری اندک متفاوت با عاج اولیه طی می‌کنند. عاج ثانویه روی همگی جوانب داخلی حفره پالپی شکل می‌گیرد اما میزان ضخیم‌شدگی در پالپ چمبر دندان‌های چند ریشه‌ای، روی سقف و کف نسبت به دیواره‌های جانبی بیشتر است.

دیواره‌های توبول‌های عاجی (عاج پری توبولار) با افزایش سن در عاج اولیه تدریجاً با رسوب معدنی ضخیم می‌شوند. بنابراین عاج سخت‌تر، چگال‌تر و به دلیل محدود شدن مایع توبولار به دنبال کوچک شدن لومن، دچار کاهش حساسیت می‌شود. افزایش میزان مواد معدنی در عاج اولیه تحت نام اسکروز عاجی نامیده می‌شود. اسکروز عاجی ناشی از افزایش سن اسکروز عاجی فیزیولوژیک نامیده می‌شود.



شکل ۵-۱: مقطعی از دندان انسیزور خشک انسان. مسیر توبول‌های عاجی دارای خمیدگی S شکل در تاج است اما در نوک انسیزال و نیز ریشه مستقیم است.

عاج انسان تقریباً از نظر حجمی متشکل از ۵۰ درصد مواد معدنی و ۳۰ درصد آلی است. مواد آلی ۹۰ درصد کلاژن نوع I و ۱۰ درصد پروتئین‌های غیر کلاژنی است. عاج از مینا کمتر معدنی شده است اما از استخوان و سمان معدنی‌تر است.

فاز مینرال عمدتاً از کریستالیت‌های هیدروکسی آپاتیت تشکیل می‌شود که بصورت الگویی کمتر سیستماتیک نسبت به کریستالیت‌های مینا آرایش پیدا کرده‌اند.