

Parte 1

Anatomia

- 1** Anatomia e istologia dei tessuti parodontali, 3
Dieter D. Bosshardt, Jan Lindhe, Niklaus P. Lang e Maurício Araújo
- 2** Il tessuto osseo come organo vivente, 51
Darnell Kaigler e William V. Giannobile
- 3** Cresta edentula, 69
Maurício Araújo e Jan Lindhe
- 4** Mucosa gengivale e perimplantare, 87
Jan Lindhe, Tord Berglundh, Anton Sculean e Niklaus P. Lang
- 5** Osteointegrazione, 103
Niklaus P. Lang, Tord Berglundh e Dieter D. Bosshardt

Capitolo 1

Anatomia e istologia dei tessuti parodontali

Dieter D. Bosshardt, Jan Lindhe, Niklaus P. Lang e Maurício Araújo

Introduzione, 3

Gengiva, 5

Anatomia, 5

Istologia, 9

Legamento parodontale, 26

Cemento radicolare, 31

Osso del processo alveolare, 35

Anatomia macroscopica, 35

Anatomia microscopica, 37

Vascolarizzazione del parodonto, 42

Sistema linfatico del parodonto, 47

Innervazione del parodonto, 47

Introduzione

Questo capitolo descrive brevemente le caratteristiche del parodonto normale, per la cui comprensione si suppone che il lettore possieda già conoscenze di istologia ed embriologia orali. Il parodonto (o periodonto, da *peri* = intorno, *odontos* = dente) comprende i seguenti tessuti: la *gengiva* (*Gengiva*, G), il *legamento parodontale* (*Periodontal Ligament*, PL), il *cemento radicolare* (*Root Cementum*, RC) e l'*osso alveolare proprio* (*Alveolar Bone Proper*, ABP) (Fig. 1.1). Quest'ultimo delimita l'alveolo del dente ed è in continuità con l'osso alveolare; radiograficamente appare come *lamina dura*. Il *processo alveolare* (*Alveolar Process*, AP), che origina dall'osso basale dei mascellari, è costituito dall'osso alveolare e dall'osso alveolare proprio.

La funzione principale del parodonto è di mantenere "attaccato" il dente al tessuto osseo dei mascellari e di conservare l'integrità della superficie della mucosa masticatoria della cavità orale. Il legamento parodontale, il cemento radicolare e l'osso alveolare proprio possono essere denominati insieme come "apparato di attacco" o "tessuti di supporto del dente", poiché formano un'unità funzionale, biologica e di sviluppo che va incontro a determinati cambiamenti con l'età e che è soggetta a modificazioni morfologiche che dipendono da alterazioni funzionali e dell'ambiente orale.

Lo sviluppo dei tessuti parodontali avviene durante lo sviluppo e la formazione dei denti. Questo processo inizia precocemente nella vita embrionale con la migrazione di cellule dalla cresta neurale (proveniente dal tubo neurale dell'embrione) all'interno

del primo arco branchiale. In questa posizione le cellule della cresta neurale formano una banda di *ectomesenchima* sotto l'epitelio dello stomatodeo (la cavità orale primitiva). Dopo che le cellule della cresta neurale, non ancora indirizzate verso una specifica

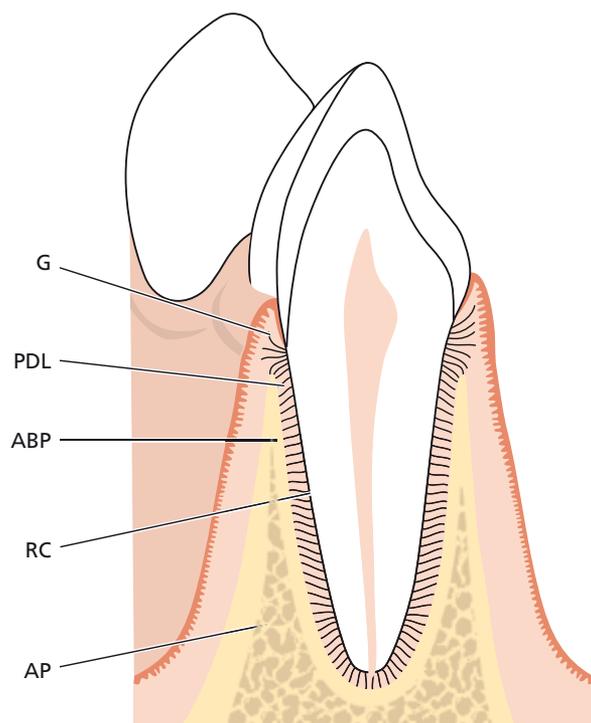


Fig. 1.1 Un dente e i suoi tessuti parodontali che consistono nella gengiva (G), nel legamento parodontale (PDL), nell'osso alveolare proprio (ABP) e nel cemento radicolare (RC). AP (*Alveolar Process*), processo alveolare.

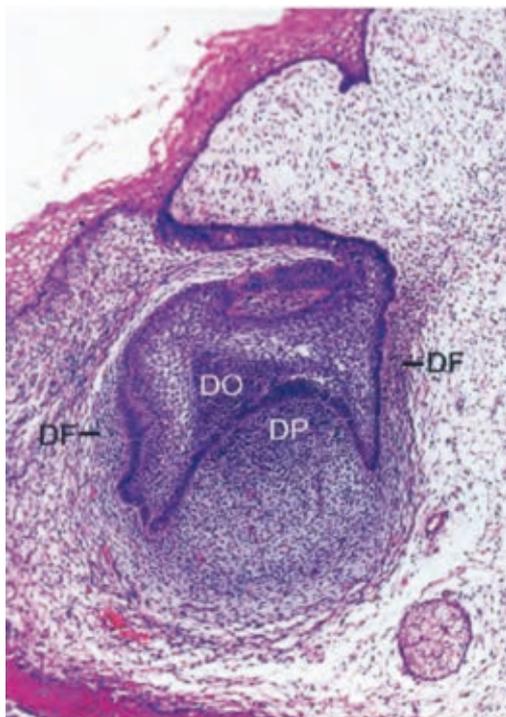


Fig. 1.2 Immagine al microscopio ottico di un germe dentale allo stadio del cappuccio con l'organo dentale (DO), la papilla dentale (DP) e il follicolo dentale (DF).

linea cellulare ("uncommitted"), hanno raggiunto la loro localizzazione nello spazio dei mascellari, l'epitelio dello stomatodeo rilascia alcuni fattori che danno inizio alle interazioni tra epitelio ed ectomesenchima. Una volta realizzatesi queste interazioni, l'ectomesenchima assume un ruolo dominante per il successivo sviluppo. Dopo la formazione della *lamina dentale* ha inizio una serie di processi (stadio della gemma, stadio del cappuccio e stadio della campana con sviluppo della radice) che porta alla formazione del dente e dei suoi tessuti parodontali, incluso l'osso alveolare proprio. Durante lo stadio del cappuccio la condensazione delle cellule ectomesenchimali sembra essere correlata all'epitelio dentale (l'organo dentale, *Dental Organ*, DO), dando luogo alla formazione della *papilla dentale* (*Dental Papilla*, DP), che dà origine alla dentina e alla polpa, e del *follicolo dentale* (*Dental Follicle*, DF), che porta alla formazione dei tessuti parodontali di supporto (Fig. 1.2). Il ruolo decisivo svolto in questo processo dall'ectomesenchima è ulteriormente dimostrato dal fatto che il tessuto della papilla dentale determina, apparentemente, anche la forma e il tipo di dente.

Se si separa un germe dentale nello stadio di sviluppo a campana e lo si trapianta in un sito ectopico (per esempio, nel tessuto connettivo o nella camera anteriore dell'occhio), il processo di formazione del dente continua. Si formano la corona e la radice e si sviluppano anche le strutture di supporto, cioè il cemento, il legamento parodontale e una sottile lamina di osso alveolare proprio. Tali esperimenti documentano che ogni informazione necessaria per lo sviluppo del dente e del suo apparato di attacco risiede nei

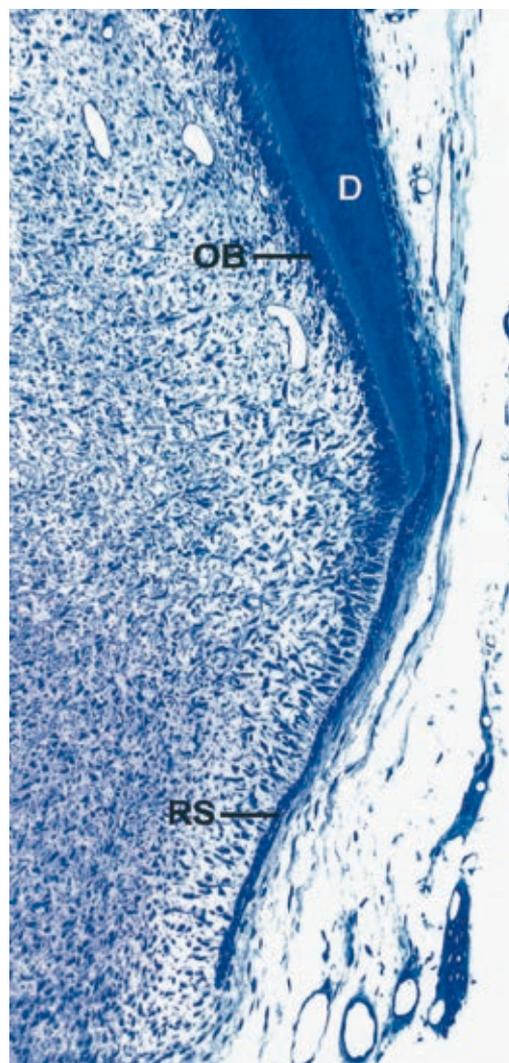


Fig. 1.3 Immagine al microscopio ottico della cresta di un dente in sviluppo con guaina epiteliale radicolare di Hertwig (RS), odontoblasti (OB) e dentina (D).

tessuti dell'organo dentale e nell'ectomesenchima circostante. Dall'organo dentale si forma lo smalto, dalla papilla dentale il complesso dentina-polpa, dal follicolo dentale l'apparato di attacco (cemento, legamento parodontale e osso alveolare proprio).

Lo sviluppo della radice e dei tessuti di supporto parodontali segue quello della corona. Le cellule epiteliali dell'epitelio dentale interno ed esterno (organo dentale) proliferano in direzione apicale formando un doppio strato di cellule chiamato *guaina epiteliale radicolare di Hertwig* (*Hertwig's epithelial Root Sheath*, RS). Gli odontoblasti (OB), che formano la dentina della radice, si differenziano dalle cellule ectomesenchimali nella papilla dentale sotto lo stimolo induttivo delle cellule dell'epitelio interno (Fig. 1.3). La dentina (D) continua a formarsi in direzione apicale, dando origine all'intelaiatura della radice. Durante la formazione della radice si sviluppano i tessuti di sostegno parodontali, tra cui il cemento acellulare a fibre estrinseche. Anche se alcuni degli eventi della cementogenesi non sono ancora chiari, i concetti esposti di seguito sono generalmente accettati.

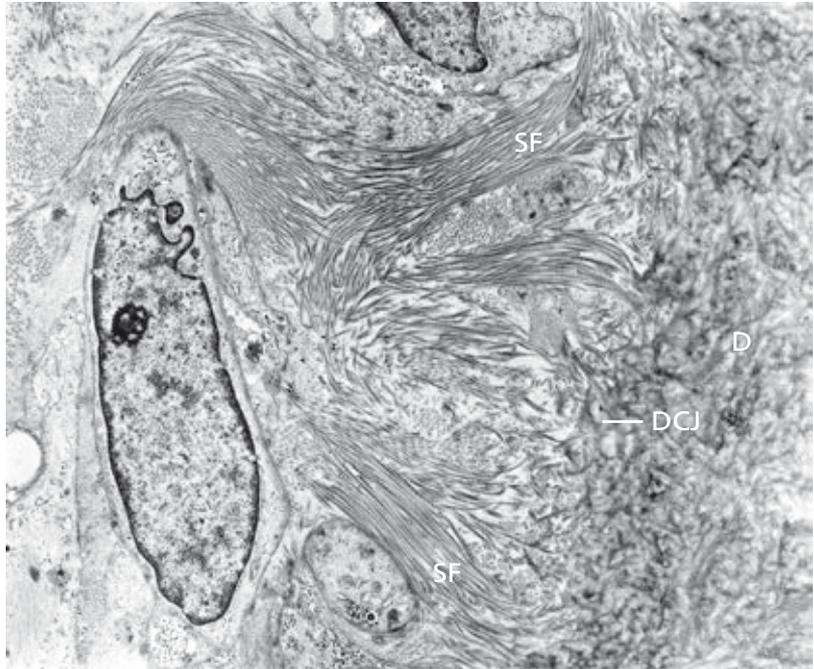


Fig. 1.4 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione dell'attacco delle future fibre di Sharpey (SF) alla dentina radicolare (D) nel momento in cui la mineralizzazione ha raggiunto la giunzione dentina-cemento (DCJ).

Con la formazione iniziale della dentina radicolare, le cellule interne della guaina epiteliale radicolare di Hertwig sintetizzano e secernono proteine correlate allo smalto, probabilmente appartenenti alla famiglia dell'amelogenina. Alla fine di questo processo, la guaina epiteliale radicolare inizia a fenestrarsi e, attraverso queste fenestrazioni, le cellule ectomesenchimali provenienti dal follicolo dentale penetrano e giungono in contatto con la superficie radicolare. A contatto con le proteine dello smalto, le cellule ectomesenchimali si differenziano in cementoblasti e iniziano a produrre sostanza cementoide. Questa sostanza rappresenta la matrice organica del cemento ed è costituita da sostanza fondamentale e da fibre collagene, che si mescolano con le fibre collagene dello strato esterno della dentina, non ancora completamente mineralizzato. Si suppone che il cemento si attacchi saldamente alla dentina attraverso le interazioni di queste fibre in seguito alla mineralizzazione di questa interfaccia (Fig. 1.4). La formazione del cemento cellulare a fibre intrinseche (*Cellular Intrinsic Fibre Cementum*, CIFIC), che copre il terzo apicale delle radici dentali, differisce da quella del cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC) perché alcuni cementoblasti vengono inglobati nel cemento.

Le restanti parti del parodonto sono formate dalle cellule ectomesenchimali provenienti dal follicolo dentale posto lateralmente al cemento. Alcune di loro si differenziano in fibroblasti parodontali e formano le fibre del legamento parodontale, mentre altre diventano osteoblasti che producono l'osso alveolare proprio nel quale si ancorano le fibre parodontali; questa struttura ossea è anche chiamata "osso fascicolato". In altri termini, anche la parete alveolare primitiva è un prodotto ectomesenchimale. È probabile, anche se non ancora documentato in maniera definitiva, che alcune cellule ectomesenchimali rimangano nel parodonto maturo e prendano parte al ricambio di questo tessuto.

Gengiva

Anatomia

La mucosa orale non ha soluzioni di continuità con la cute delle labbra e con le mucose del palato molle e della faringe. È costituita dalla *mucosa masticatoria*, che comprende la gengiva e il rivestimento del palato duro, dalla *mucosa specializzata*, che copre il dorso della lingua, e dalla parte di mucosa restante, chiamata *mucosa di rivestimento*.

La gengiva è la parte di mucosa masticatoria che ricopre il processo alveolare e che circonda il colletto dei denti (Fig. 1.5). È costituita da uno strato epiteliale e da uno strato sottostante di tessuto connettivo, chiamato *lamina propria*. La gengiva raggiunge la sua forma e la sua organizzazione definitiva in concomitanza con l'eruzione dei denti.



Fig. 1.5 Vista frontale della mucosa masticatoria e di rivestimento. Le frecce indicano la giunzione mucogingivale, talvolta chiamata anche linea mucogingivale.



Fig. 1.6 Mucosa masticatoria che riveste il palato duro. Nel palato, la giunzione mucogengivale non è presente in quanto il palato duro e il processo alveolare mascellare sono ricoperti dallo stesso tipo di mucosa masticatoria.

In direzione coronale, la gengiva appare di colore rosa corallo e termina con il *marginale gengivale libero*, che ha un contorno festonato. In direzione apicale, la gengiva continua con la *mucosa alveolare* (mucosa di rivestimento), che appare lassa e di colore rosso più scuro, da cui è separata per mezzo di una linea di confine generalmente ben riconoscibile, chiamata "giunzione mucogengivale" (frecce) o "linea mucogengivale". Nel palato non è presente una linea mucogengivale perché il palato duro e il processo alveolare mascellare sono ricoperti dallo stesso tipo di mucosa cheratinizzata (Fig. 1.6).

La gengiva può essere differenziata in più parti: la gengiva libera e la gengiva aderente (Fig. 1.7). La gengiva libera è di colore rosa corallo, ha superficie opaca e consistenza compatta. Di essa fa parte il tessuto gengivale presente sulle superfici vestibolare e linguale o palatale dei denti. Sulle facce vestibolare e linguale dei denti, la gengiva libera si estende dal

marginale gengivale in direzione apicale fino al *solco gengivale libero*, che è visibile in circa un terzo dei casi. La gengiva aderente è delimitata in direzione apicale dalla giunzione mucogengivale (*MucoGingival Junction*, MGJ).

Il *marginale gengivale libero* è spesso arrotondato in modo tale che fra dente e gengiva venga a formarsi una piccola invaginazione o solco. Quando una sonda parodontale è inserita in questa invaginazione ed è spinta in direzione apicale verso la giunzione smalto-cemento, il tessuto gengivale viene separato dal dente e si apre artificialmente una *tasca gengivale* o *fessura gengivale* (Fig. 1.8). Quindi, nella gengiva clinicamente sana non sono presenti in realtà né la tasca gengivale né la fessura gengivale, ma la gengiva è a stretto contatto con la superficie dello smalto. Dopo la completa eruzione del dente, il margine gengivale libero è localizzato sulla superficie dello smalto in direzione coronale, a circa 1,5-2 mm dalla giunzione smalto-cemento.

La forma della *gengiva interdentale* (o *papilla interdentale*) è determinata dai rapporti di contatto fra i denti, dall'ampiezza delle loro superfici approssimali e dal decorso della giunzione smalto-cemento. Nelle regioni anteriori le papille interdentali hanno forma piramidale (Fig. 1.9 a), mentre in quelle dei denti molari sono più appiattite in direzione vestibololinguale (Fig. 1.9 b). Per la presenza delle papille interdentali, il margine gengivale libero decorre sulla dentatura con un andamento festonato più o meno accentuato.

Nelle regioni interdentali premolare e molare, il dente ha due papille, vestibolare (VP) e linguale/palatale (LP), separate dalla regione del colle. La regione del colle è rivestita da un sottile epitelio non cheratinizzato (Fig. 1.10) che ha molte caratteristiche in comune con l'epitelio giunzionale.

La gengiva aderente è delimitata in direzione coronale dal solco gengivale (*Gingival Groove*, GG) libero (Fig. 1.11) o, quando questo non è presente, da

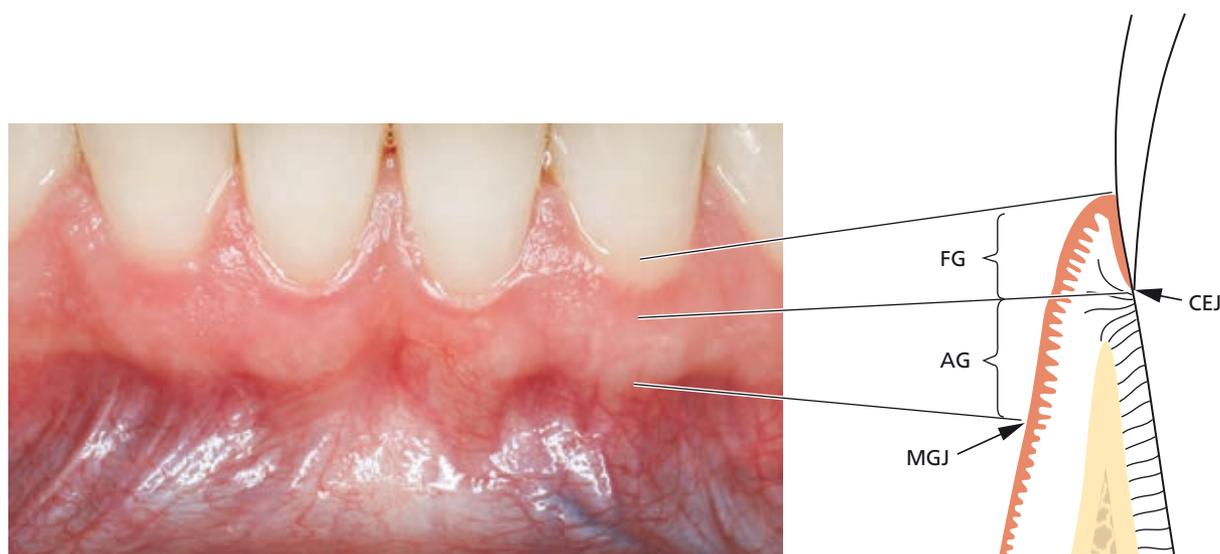


Fig. 1.7 La gengiva può essere differenziata in tre parti: gengiva libera (FG), gengiva interdentale e gengiva aderente (AG). La giunzione mucogengivale (MGJ) separa la gengiva dalla mucosa alveolare. CEJ (*CementoEnamel Junction*), giunzione smalto-cemento.

un piano orizzontale posto a livello della giunzione smalto-cemento. All'esame clinico è stato osservato che il solco gengivale libero è presente soltanto nel 30-40% circa degli adulti. Spesso è più pronunciato sulla superficie vestibolare dei denti e si riscontra con maggiore frequenza nelle regioni dei denti incisivi e premolari inferiori e con minore frequenza nelle regioni dei denti molari inferiori e premolari superiori.

La gengiva aderente si estende in direzione apicale fino alla giunzione mucogengivale, dove continua con la mucosa alveolare (di rivestimento) (*Alveolar Mucosa*, AM). Ha consistenza compatta e colore rosa corallo, e spesso mostra piccole depressioni superficiali che, rendendo la superficie punteggiata, le conferiscono un aspetto a "buccia d'arancia". La gengiva aderente è saldamente fissata all'osso alveolare e al cemento sottostanti per mezzo di fibre connettivali che la rendono praticamente immobile rispetto al tessuto sottostante. La mucosa alveolare, di colore rosso più scuro, situata in sede apicale rispetto alla giunzione mucogengivale, è invece scarsamente aderente all'osso sottostante. Quindi, al contrario della gengiva aderente, la mucosa alveolare risulta mobile nei confronti del tessuto sottostante e appartiene, dunque, alla mucosa di rivestimento.



Fig. 1.8 Una sonda parodontale è stata inserita nell'interfaccia clinicamente sana dente-gengiva ed è stata creata artificialmente una "tasca gengivale" verso la giunzione smalto-cemento.

L'ampiezza della gengiva cambia nelle diverse zone della bocca. Nell'osso mascellare (o mascellare superiore) (Fig. 1.12 a), la gengiva vestibolare è generalmente più ampia nell'area dei denti incisivi e più stretta nella zona adiacente ai denti premolari. Nella mandibola (Fig. 1.12 b) la gengiva linguale è particolarmente stretta nell'area dei denti incisivi e ampia

Fig. 1.9 Vista frontale della forma della papilla interdentale nella regione anteriore (a) e nella regione dei denti premolari e molari (b).

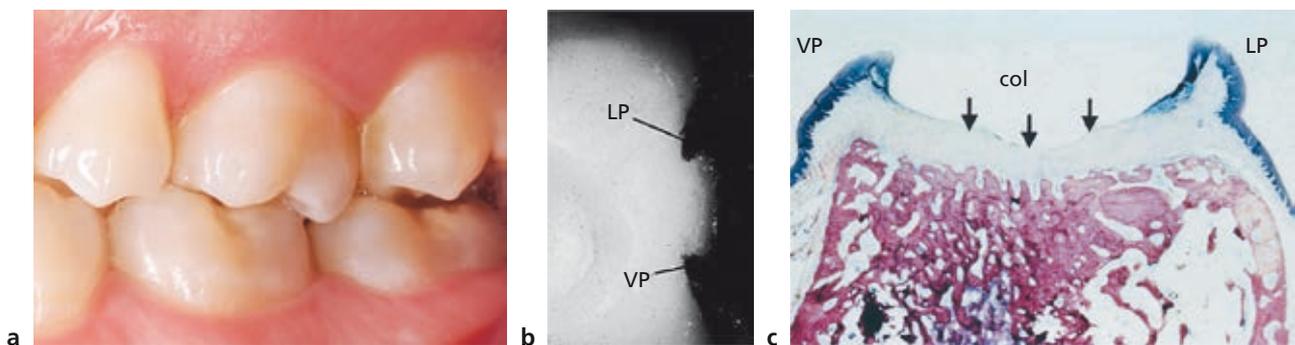


Fig. 1.10 Le regioni premolari e molari delle arcate dentali mostrano superfici approssimali di contatto (a). b, Dopo la rimozione del dente distale si forma una concavità tra la porzione vestibolare (VP) e quella linguale (LP). (c) Dal punto di vista istologico la sezione vestibolo-orale della concavità (frecce) è rivestita da un sottile epitelio non cheratinizzato presente tra le due papille.



Fig. 1.11 Aspetto clinico dei tessuti mucosali. La giunzione mucogingivale (freccie) separa la gengiva (mucosa masticatoria) dalla mucosa alveolare (di rivestimento) (AM).

nella regione dei denti molari. L'intervallo di ampiezza è di 1-9 mm. Nella regione dei denti premolari inferiori la gengiva aderente è particolarmente stretta (Fig. 1.13).

La figura 1.14 mostra i risultati di uno studio in cui l'ampiezza della gengiva aderente è stata valutata in funzione dell'età dei pazienti esaminati (Ainamo et al. 1981). Si è visto che la gengiva dei pazienti di 63 anni è significativamente più ampia di quella dei quaranta/cinquantenni. Anche all'età di 40-50 anni la gengiva aderente è significativamente più ampia di quella misurata all'età di 20-30 anni. Questa osservazione indica che l'ampiezza della gengiva tende ad aumentare con l'età. Poiché la giunzione mucogingivale, valutata in rapporto al bordo inferiore della mandibola, rimane stabile nel corso degli anni, l'aumento di ampiezza della gengiva che si verifica con l'età può indicare che i denti, come risultato dell'abrasione occlusale, vadano incontro a una lenta eruzione nel corso di tutta la vita.



Fig. 1.13 Nella regione premolare della mandibola la gengiva vestibolare raggiunge la sua minima ampiezza. Le frecce indicano la localizzazione della giunzione mucogingivale.

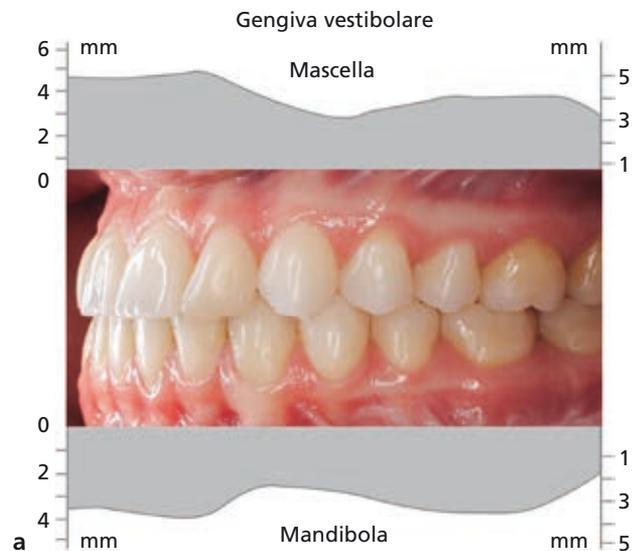


Fig. 1.12 Ampiezza della gengiva mascellare e di quella mandibolare (a) ed estensione linguale della gengiva nella mandibola (b). L'ampiezza è riportata in millimetri.

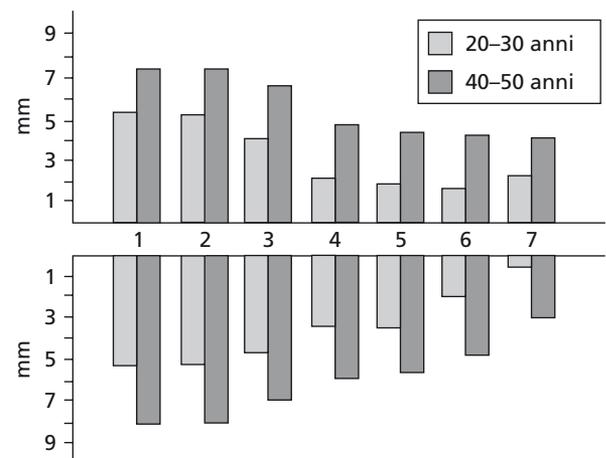


Fig. 1.14 Ampiezza della gengiva aderente (in millimetri) in due coorti di pazienti di 20-30 anni e di 40-50 anni di età, dall'incisivo centrale (1) al secondo molare (7). In alto: mascellare superiore; in basso: mandibola. L'ampiezza della gengiva tende ad aumentare con l'età (da Ainamo e Talarì 1976; Ainamo et al. 1981. Riprodotta con permesso da John Wiley & Sons).

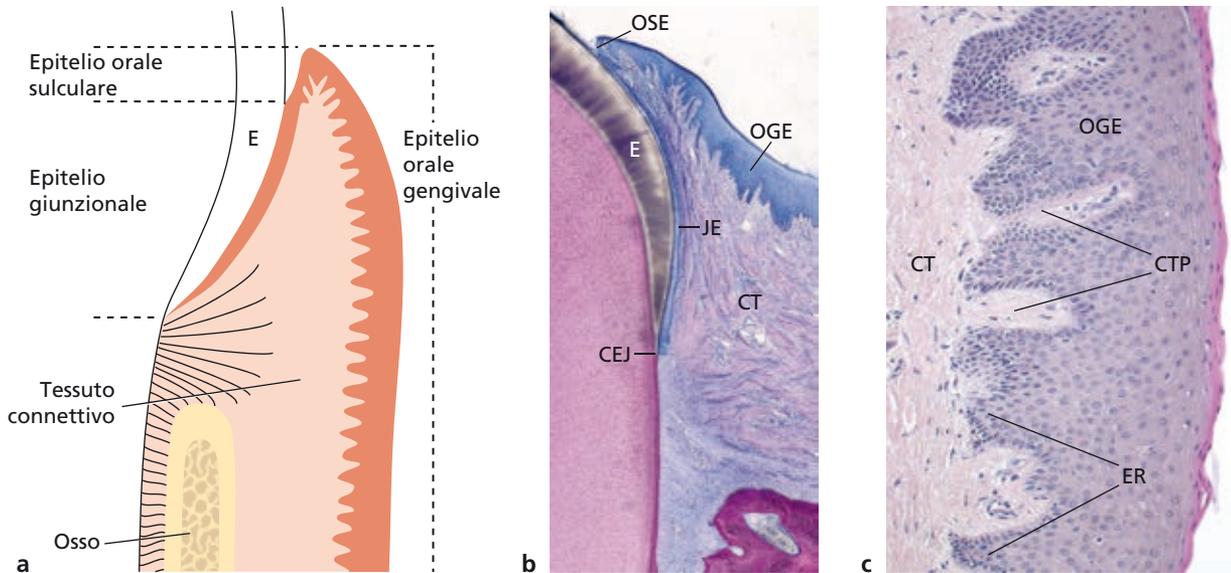


Fig. 1.15 a, Unità dentogengivale. La gengiva è costituita da tre epiteli, quali l'epitelio orale gengivale, l'epitelio orale sulculare e l'epitelio giunzionale. b, Sezione istologica che comprende tutte le strutture tissutali epiteliali e connettivali (CT). c, Configurazione delle digitazioni epiteliali (ER) che si compenetrano con le papille connettivali (CTP) nella mucosa masticatoria che si affaccia nella cavità orale. CEJ (CementoEnamel Junction), giunzione smalto-cemento; E (Enamel), smalto; JE (Junctional Epithelium), epitelio giunzionale; OGE (Oral Gingival Epithelium), epitelio orale gengivale; OSE (Oral Sulcular Epithelium), epitelio orale sulculare.

Istologia

Epitelio gengivale orale

L'unità dentogengivale è rappresentata schematicamente nella figura 1.15 a. La gengiva libera comprende tutte le strutture tissutali epiteliali e connettivali (Connective Tissue, CT) situate coronalmente a una linea orizzontale che passa a livello della giunzione smalto-cemento (Cemento-Enamel Junction, CEJ) (Fig. 1.15 b). L'epitelio che riveste la gengiva libera può essere differenziato come segue:

- epitelio orale (Oral Epithelium, OE), prospiciente la cavità orale;
- epitelio orale sulculare (Oral Sulcular Epithelium, OSE), rivolto verso il dente ma non in contatto con la sua superficie;
- epitelio giunzionale (Junctional Epithelium, JE), attraverso cui si realizza il contatto fra gengiva e dente.

Il confine fra l'epitelio orale (OE) e il sottostante tessuto connettivo (CT) ha un decorso ondulato (Fig. 1.15 c). Le porzioni di tessuto connettivo che si proiettano nell'epitelio sono dette *papille connettivali* (Connective Tissue Papillae, CTP) e sono separate le une dalle altre da *creste epiteliali* (Epithelial Ridges, ER), dette *digitazioni epiteliali* (*rete pegs*). Nella gengiva normale, non infiammata, le digitazioni epiteliali e le papille connettivali mancano nella zona di confine fra epitelio giunzionale e tessuto connettivo sottostante (cfr. Fig. 1.15 b). Quindi una caratteristica morfologica dell'epitelio orale e di quello sulculare orale è la presenza di digitazioni epiteliali, che sono invece assenti nell'epitelio giunzionale.

Un modello di cera, costruito sulla base di una serie di sezioni istologiche ingrandite a 1:50, mostra la superficie interna dell'epitelio orale della gengiva dopo che è stato rimosso il tessuto connettivo (Fig. 1.16). La superficie interna dell'epitelio orale (cioè la

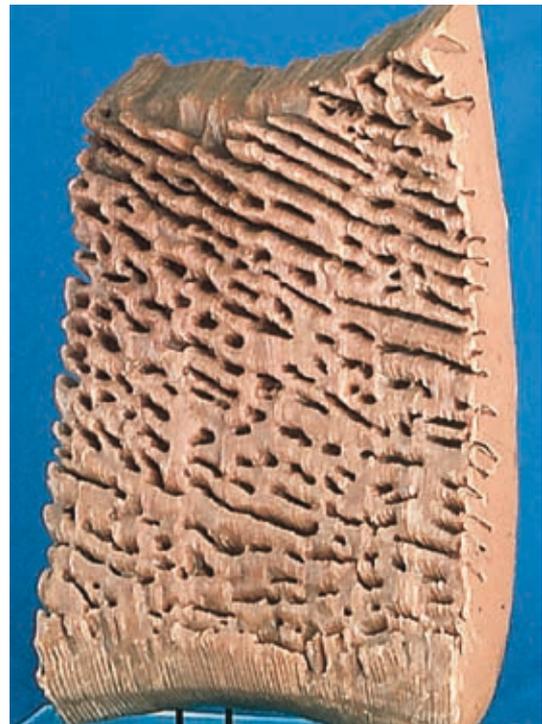


Fig. 1.16 Modello di cera che mostra la superficie dell'epitelio orale gengivale che guarda verso il tessuto connettivo, dopo che questo è stato rimosso.

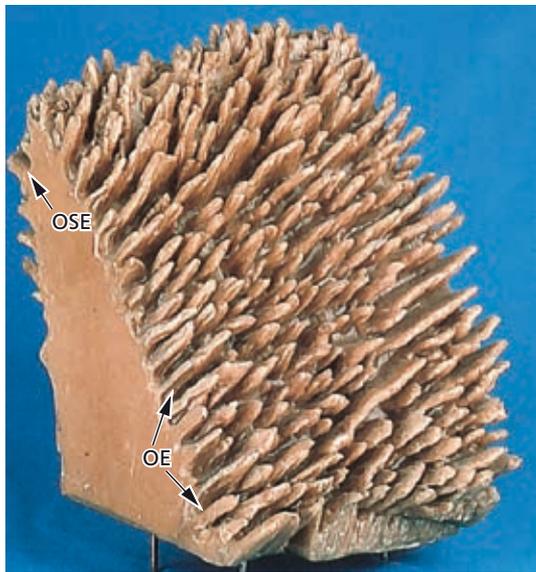


Fig. 1.17 Modello di cera del tessuto connettivo sottostante l'epitelio orale gengivale che è stato rimosso. OE (*Oral Epithelium*), epitelio orale; OSE (*Oral Sulcular Epithelium*), epitelio orale sulcolare.

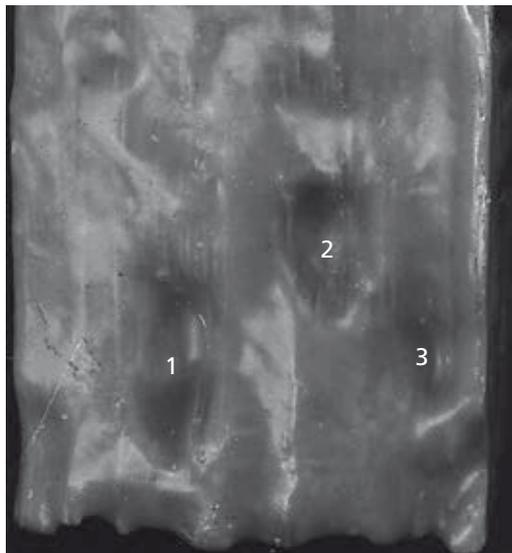
superficie epiteliale che guarda verso il tessuto connettivo) mostra parecchie depressioni che corrispondono alle papille connettivali (Fig. 1.17) che si proiettano all'interno dell'epitelio. Si può vedere come le proiezioni epiteliali, che nelle sezioni istologiche separano le papille connettivali, costituiscano un sistema continuo di *creste epiteliali*.

Un modello di tessuto connettivo corrispondente al modello di epitelio della figura 1.16 mostra le papille connettivali che si proiettano nello spazio occupato dall'epitelio orale (*Oral Epithelium*, OE) e dall'epitelio sulcolare orale (*Oral Sulcular Epithelium*, OSE) nella parte posteriore del modello (cfr. Fig. 1.17). L'epitelio è stato rimosso, rendendo così visibile la superficie vestibolare del tessuto connettivo della gengiva.

Nella maggior parte della popolazione adulta la gengiva aderente mostra una superficie a "buccia d'arancia" (Fig. 1.18). La "buccia d'arancia" corrisponde alle depressioni sulla superficie delle aree di unione fra le varie creste epiteliali. Talvolta questo aspetto è presente in maniera significativa (cfr. anche



a



b



c

Fig. 1.18 a, L'aspetto a "buccia d'arancia" della mucosa masticatoria gengivale è particolarmente evidente. b, In un modello ingrandito dell'epitelio orale gengivale, la superficie mostra minuscole depressioni che conferiscono alla gengiva il caratteristico aspetto a "buccia d'arancia". c, La superficie epiteliale corrispondente, prospiciente il tessuto connettivo lasso, è caratterizzata dalla presenza di creste epiteliali che si uniscono in vari punti. I numeri indicano i punti dove le creste epiteliali si fondono creando le depressioni viste in (b).

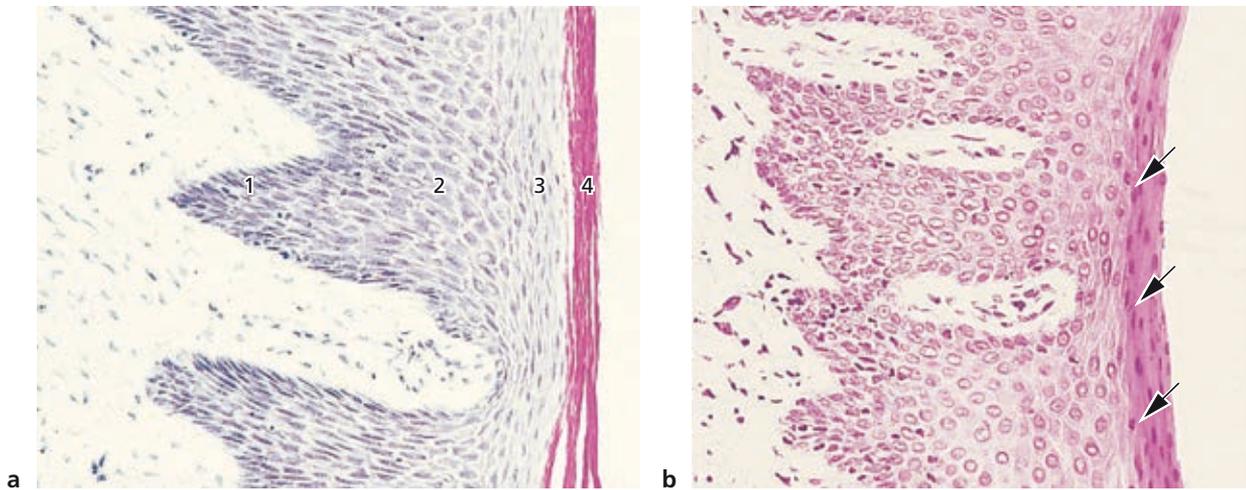


Fig. 1.19 I quattro strati dell'epitelio gengivale: (1) strato basale, (2) strato delle cellule spinose, (3) strato delle cellule granulari e (4) strato delle cellule cheratinizzate, come rilevati nell'epitelio ortocheratinizzato (a) e paracheratinizzato (b). Le frecce indicano la presenza di nuclei cellulari (nel caso della paracheratinizzazione).

Fig. 1.11); tuttavia, non si sa in che grado questo si manifesti nei diversi soggetti.

L'epitelio orale che ricopre la gengiva libera, *squamoso, stratificato, cheratinizzato*, può essere diviso, sulla base del grado di differenziazione delle cellule che producono cheratina, nei seguenti strati cellulari (Fig. 1.19 a):

- *strato basale* (o strato germinativo);
- *strato delle cellule di Prickle* (strato delle cellule spinose);
- *strato delle cellule granulari*;
- *strato delle cellule cheratinizzate*.

Si osservi che in questa sezione istologica i nuclei cellulari sono assenti negli strati cellulari più esterni; questo tipo di epitelio è denominato *ortocheratinizzato*.

Spesso, però, le cellule dello strato corneo dell'epitelio della gengiva umana contengono residui dei nuclei, come si vede nella figura 1.19 b; in tal caso l'epitelio è denominato *paracheratinizzato*.

Oltre alle cellule produttrici di cheratina, che comprendono circa il 90% della popolazione cellulare totale, nell'epitelio orale si rinvengono i seguenti tipi di cellule:

- melanociti;
- cellule di Langerhans;
- cellule di Merkel;
- cellule infiammatorie.

Questi tipi di cellule presentano spesso una morfologia stellata e mostrano estensioni citoplasmatiche di forma e aspetto vari. Vengono anche denominate "cellule chiare" in quanto, nelle sezioni istologiche, la zona intorno al loro nucleo appare più chiara rispetto a quella delle cellule circostanti produttrici di cheratina (Fig. 1.20). A eccezione delle cellule di Merkel, queste "cellule chiare", che non producono cheratina, sono prive di attacchi desmosomici con le cellule adiacenti. I melanociti sono cellule che produ-

cono pigmento e sono responsabili della pigmentazione melanica che a volte si osserva sulla gengiva. In ogni caso, sia gli individui di carnagione chiara sia quelli di carnagione scura presentano melanociti nell'epitelio.

Si ritiene che le cellule di Langerhans abbiano un qualche ruolo nei meccanismi di difesa della mucosa orale. È stato ipotizzato che esse reagiscano con gli antigeni che sono in procinto di penetrare nell'epitelio: avrebbe quindi inizio una risposta immunologica precoce in grado di inibire o prevenire l'ulteriore penetrazione degli antigeni nel tessuto. Per quanto riguarda le cellule di Merkel, si ritiene che esse svolgano una funzione sensoriale.

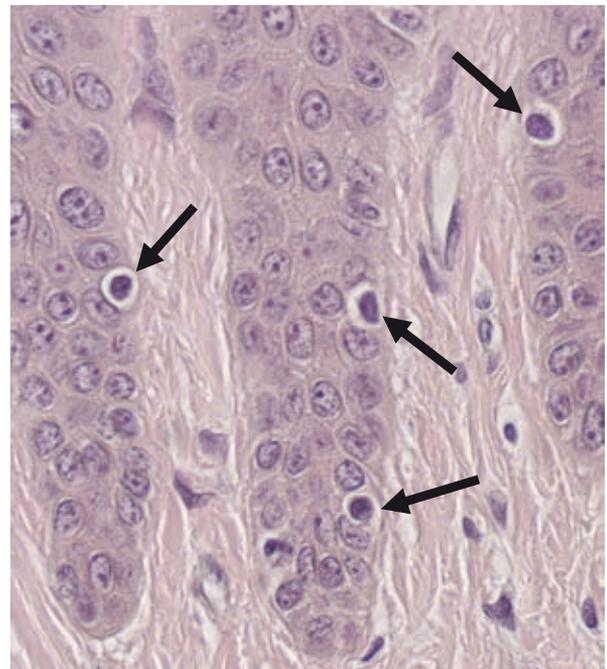


Fig. 1.20 "Cellule chiare" (frecce) localizzate nello strato basale dell'epitelio orale gengivale o nelle sue vicinanze.

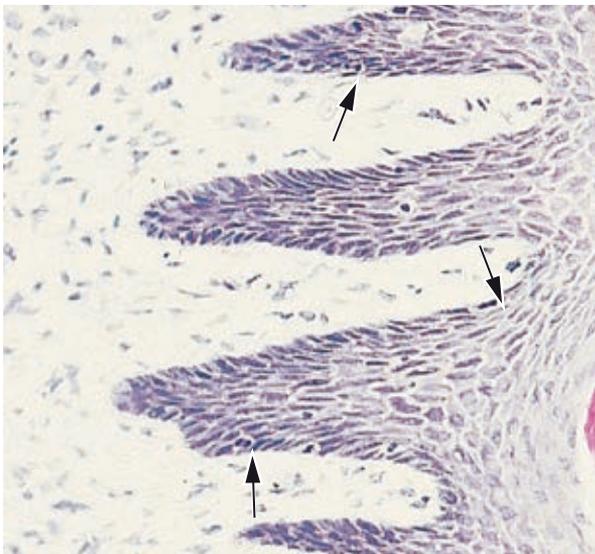


Fig. 1.21 Le cellule dello strato basale dell'epitelio orale gengivale sono in grado di dividersi. Le frecce indicano cellule in fase di divisione mitotica.

Le cellule dello *strato basale* hanno forma cilindrica o cuboide e sono in contatto con la *membrana basale* che separa l'epitelio dal tessuto connettivo (Fig. 1.21). Le cellule basali sono in grado di dividersi, vanno cioè incontro a divisione mitotica. Le cellule contrassegnate con le frecce nella figura 1.21 si trovano in fase di divisione. Poiché è nello strato basale che l'epitelio si rinnova, questo strato è anche chiamato *strato germinativo* e può essere considerato il *compartimento delle cellule progenitrici* dell'epitelio.

Quando due cellule figlie (*Daughter, D*) si sono formate dalla divisione cellulare, una cellula basale adiacente più vecchia (*Older Basal, OB*) è spinta all'interno dello strato di cellule spinose e comincia, come *cheratinocito*, ad attraversare l'epitelio (Fig. 1.22). Questa cellula impiega circa 1 mese per raggiungere la superficie esterna dell'epitelio, dove ha inizio la sua de-

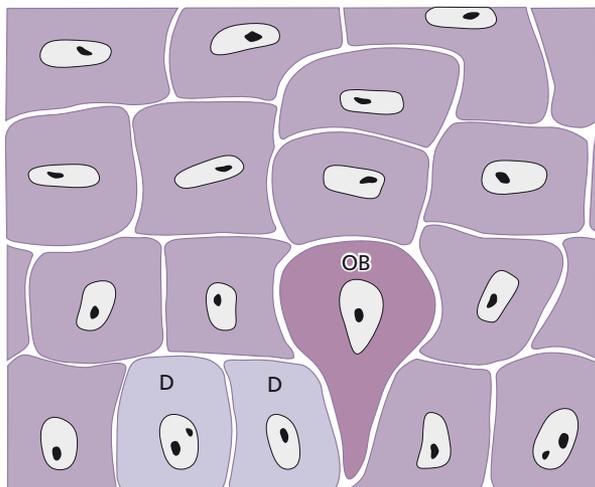


Fig. 1.22 Proliferazione cellulare dello strato basale dell'epitelio orale gengivale. D (*Daughter*), cellule figlie; OB (*Older Basal Cell*), "vecchia cellula basale".

squamazione dallo strato corneo. In un dato periodo di tempo il numero di cellule che si dividono nello strato basale eguaglia il numero di cellule desquamate dalla superficie. In condizioni normali si ha così un completo equilibrio fra le cellule rinnovate e quelle desquamate, che mantiene costante lo spessore dell'epitelio. Man mano che la cellula basale migra attraverso l'epitelio tende ad appiattirsi, con il suo asse lungo parallelo alla superficie epiteliale.

Le cellule basali si trovano nelle immediate adiacenze del tessuto connettivo lasso e sono separate da questo tessuto attraverso una membrana basale, prodotta probabilmente dalle cellule basali stesse. Al microscopio ottico questa membrana appare come una zona non strutturata, ampia circa 1-2 μm , che reagisce positivamente alla colorazione di Schiff con acido periodico (PAS) (Fig. 1.23). La positività di questa reazione dimostra che la membrana basale contiene carboidrati (glicoproteine). Le cellule epiteliali sono circondate da una sostanza extracellulare contenente anch'essa complessi di proteine-polisaccaridi.

A livello ultrastrutturale la membrana basale mostra una composizione complessa (Fig. 1.24). Immediatamente al di sotto delle cellule basali si nota una zona elettrone-transparente, larga circa 400 \AA , denominata *Lamina Lucida* (LL). Sotto la lamina lucida si nota una zona elettrone-densa che ha circa lo stesso spessore della precedente; questa zona è chiamata *Lamina Densa* (LD). Dalla lamina densa si proiettano a ventaglio, nel contesto del tessuto connettivo, le cosiddette fibrille di ancoraggio (*Anchoring Fibril, AF*). Queste fibre sono lunghe circa 1 μm e terminano liberamente nel tessuto connettivo lasso. La membrana basale, che al microscopio ottico appare come un'entità unica, risulta invece composta, al microscopio elettronico, da una lamina lucida e da una lamina densa con fibrille connettivali adiacenti (fibrille di ancoraggio) che si inseriscono nelle fibre del tessuto connettivo lasso. La membrana cellulare delle cellule epiteliali a contatto con la lamina



Fig. 1.23 Una membrana basale (frecce), che reagisce positivamente alla colorazione di Schiff con acido periodico (PAS), separa le cellule basali dell'epitelio orale gengivale dal tessuto connettivo adiacente.

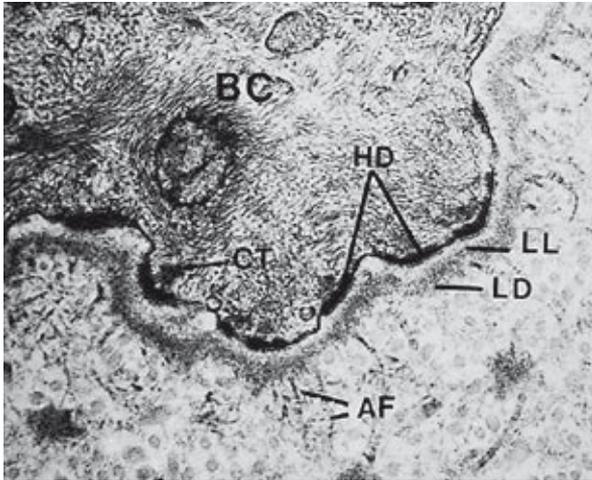


Fig. 1.24 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione (ingrandimento $\times 70.000$) di una regione della membrana basale compresa tra una cellula basale (BC) e il tessuto connettivo molle adiacente. AF (*Anchoring Fibril*), fibra di ancoraggio; CT (*Cytoplasmic Tonofilament*), tonofilamento citoplasmatico; HD (*HemiDesmosome*), emidesmosoma; LD, Lamina Densa; LL, Lamina Lucida.

lucida presenta una serie di zone elettron-dense, più spesse, poste a intervalli variabili lungo la membrana cellulare. Queste strutture sono denominate *emidesmosomi* (*HemiDesmosomes*, HD). I *tonofilamenti* citoplasmatici (*Cytoplasmic Tonofilaments*, CT) che si trovano all'interno della cellula convergono verso gli emidesmosomi; questi ultimi risultano coinvolti nell'attacco dell'epitelio alla sottostante membrana basale.

Lo strato spinoso è formato da 10-20 strati di cellule relativamente larghe, poliedriche, fornite di corti processi citoplasmatici che assomigliano a spine (Fig. 1.25): tali processi citoplasmatici sono disposti a intervalli regolari e conferiscono alle cellule il caratteri-

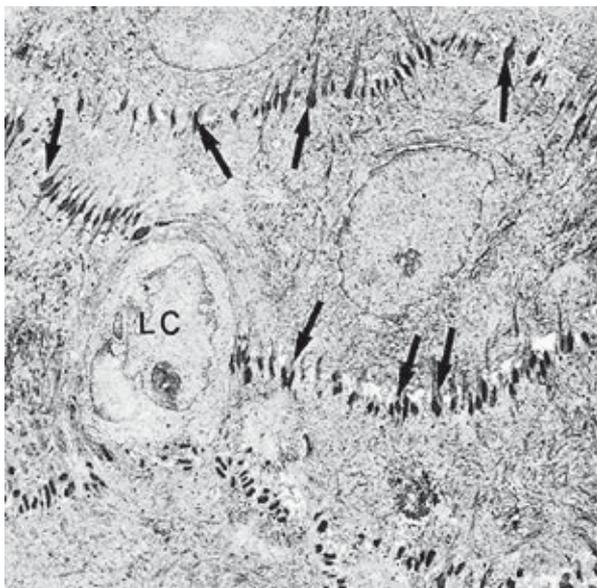


Fig. 1.26 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione dei desmosomi dello strato spinoso (freccie) tra cellule adiacenti. La cellula trasparente (LC) non contiene emidesmosomi e, quindi, non è un cheratinocito, ma piuttosto una "cellula chiara".

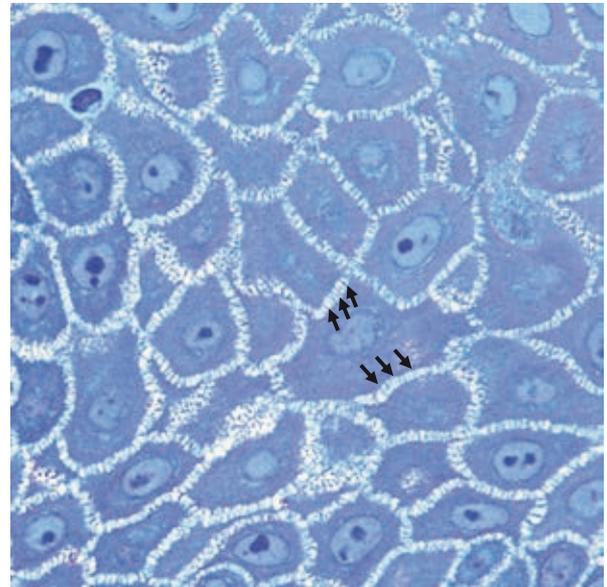


Fig. 1.25 Immagine al microscopio ottico che mostra una regione dello strato spinoso dell'epitelio orale gengivale. Le frecce indicano i corti processi citoplasmatici tra cellule adiacenti.

stico aspetto spinoso. In aggiunta ai complessi intercellulari costituiti da proteine e carboidrati, la coesione tra le cellule è assicurata da numerosi "desmosomi" (coppie di emidesmosomi), che sono localizzati fra i processi citoplasmatici delle cellule adiacenti.

Alla microscopia elettronica a trasmissione, le strutture scure fra le singole cellule epiteliali rappresentano i *desmosomi* (freccie) (Fig. 1.26). Un desmosoma può essere considerato formato da due emidesmosomi affacciati uno sull'altro. La presenza di molti desmosomi indica una solida coesione fra le cellule epiteliali.

La figura 1.27 illustra una rappresentazione schematica di un desmosoma: esso è formato da due emi-

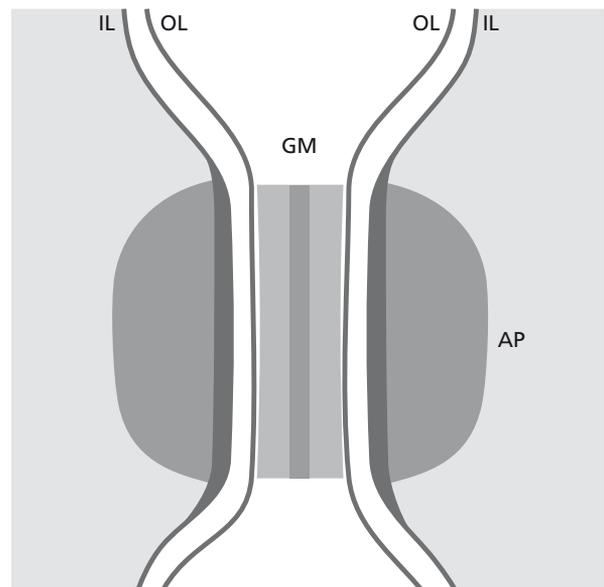


Fig. 1.27 Struttura di un desmosoma. AP (*Attachment Plaque*), placca di attacco; GM (*Granulated Material*), materiale granuloso; IL (*Inner Leaflet*), foglietto interno; OL (*Outer Leaflet*), foglietto esterno.

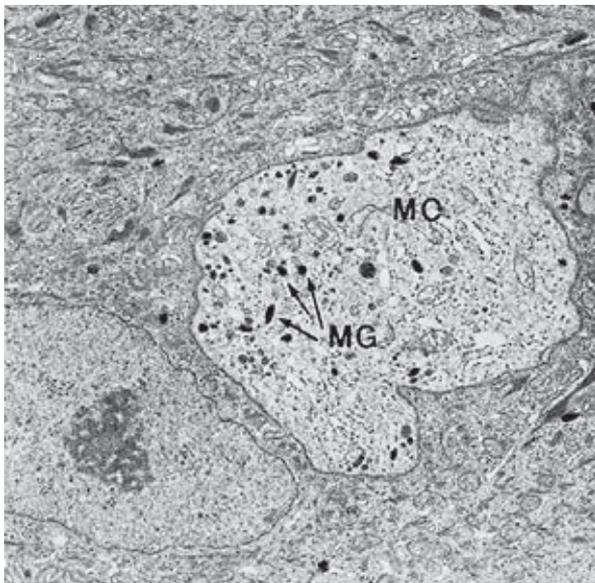


Fig. 1.28 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione che mostra un melanocito (MC) circondato da cheratinociti nell'epitelio orale gengivale. Le frecce evidenziano granuli di melanina (MG).

desmosomi uniti fra loro, separati da una zona contenente materiale granuloso. In un emidesmosoma si osservano pertanto le seguenti strutture: *foglietto esterno* delle membrane cellulari delle due cellule adiacenti; *foglietto interno*, più spesso, delle membrane cellulari delle due cellule adiacenti; *placche di attacco*, costituite da materiale granuloso e fibrillare all'interno del citoplasma.

Come già detto, l'epitelio orale contiene anche i *melanociti*, che sono responsabili della produzione del pigmento melanina (Fig. 1.28). I melanociti sono presenti in individui con marcata pigmentazione della mucosa orale, ma anche in coloro che non presentano segni clinici di pigmentazione. In questa microfotografia a trasmissione elettronica si osserva un melanocito (MC) nella porzione inferiore dello strato spinoso. Diversamente dai cheratinociti, questa cellula contiene granuli di melanina e non presenta tonofilamenti o emidesmosomi. È da notare la grande quantità di tonofilamenti nel citoplasma dei cheratinociti adiacenti. L'inclusione di granuli di melanina comporta una diversa pigmentazione dell'epitelio orale

gengivale ed è normalmente riscontrata nei soggetti con carnagione scura (Fig. 1.29).

Come già visto, nell'attraversamento dell'epitelio dallo strato basale alla superficie, i cheratinociti vanno incontro a un processo continuo di differenziazione e specializzazione (Fig. 1.30). Passando dallo strato basale a quello granuloso si ha un aumento sia del numero di tonofilamenti contenuti nel citoplasma sia del numero di desmosomi. Al contrario, organuli come i mitocondri, le lamelle del reticolo endoplasmatico rugoso o i complessi di Golgi diminuiscono nei cheratinociti man mano che dallo strato basale ci si avvicina alla superficie epiteliale. Nello strato granuloso cominciano ad apparire *corpuscoli cheratoialini* (*Keratohyalin bodies, K*) elettron-densi e raggruppamenti di granuli contenenti glicogeno; si ritiene che tali granuli siano correlati alla sintesi di cheratina.

Con il passaggio dallo strato granuloso a quello corneo si ha un brusco cambiamento delle cellule (Fig. 1.31), indicativo di una cheratinizzazione improvvisa del citoplasma dei cheratinociti e della loro trasformazione in una squama cornea. Nello strato corneo il citoplasma delle cellule è pieno di cheratina e l'intero apparato per la sintesi proteica e la produzione di energia, cioè il nucleo, i mitocondri, il reticolo endoplasmatico e il complesso di Golgi, è andato perduto. Negli epitelii paracheratinizzati, invece, le cellule dello strato corneo contengono residui dei nuclei. La cheratinizzazione è considerata più un processo di differenziazione che di degenerazione, trattandosi di un processo di sintesi proteica che richiede energia e che dipende da cellule funzionali, cioè da cellule nucleate e con un corredo di organuli normale.

Al contrario dell'epitelio della gengiva, l'epitelio della mucosa alveolare (di rivestimento) è privo dello strato corneo. È da notare che le cellule nucleate possono essere identificate in tutti gli strati, da quello basale a quello superficiale (Fig. 1.32).

Epitelio dentogengivale

I componenti tissutali della regione dentogengivale raggiungono le loro caratteristiche strutturali definitive in concomitanza con l'eruzione dei denti, come mostrato nelle figure 1.33 a-d.



Fig. 1.29 Vista frontale della mucosa gengivale e alveolare. La netta pigmentazione dell'epitelio orale gengivale è dovuta all'inclusione di granuli di melanina.

Quando lo smalto del dente è completamente formato, comincia a ridursi l'altezza delle cellule produttrici di smalto (ameloblasti), che producono una lamina basale e formano, insieme alle cellule provenienti dall'epitelio esterno dello smalto, il cosiddetto epitelio dentale ridotto. La lamina basale giace a diretto contatto con lo smalto e il contatto fra questa lamina e le cellule epiteliali è mantenuto da emidesmosomi. L'epitelio ridotto dello smalto circonda la corona del dente a partire dal momento in cui lo smalto è adeguatamente mineralizzato fino a quando ha inizio l'eruzione dei denti (Fig. 1.33 a).

Appena il dente in fase di eruzione si avvicina all'epitelio orale, le cellule dello strato esterno dell'epitelio dentale ridotto, ma anche quelle dello strato basale dell'epitelio orale, mostrano un aumento dell'attività mitotica e iniziano a migrare nel tessuto connettivo sottostante. L'epitelio in fase di migrazione forma una massa epiteliale tra l'epitelio orale e quello dentale ridotto, in modo che l'eruzione del dente possa avvenire senza emorragia. Gli ameloblasti primitivi non si dividono (Fig. 1.33 b).

Appena dopo che il dente è penetrato nella cavità orale, ampie porzioni di smalto localizzate in direzione apicale subito dopo l'area incisale vengono rivestite da un epitelio dentale trasformato, chiamato *epitelio giunzionale*, che contiene solo pochi strati cellulari. La regione cervicale dello smalto è però ancora rivestita da ameloblasti (AB) e da cellule esterne dell'epitelio dentale ridotto (Fig. 1.33 c).

Durante le fasi successive dell'eruzione del dente tutte le cellule dell'epitelio ridotto dello smalto sono sostituite da epitelio giunzionale; questo epitelio è in continuità con l'epitelio orale e fornisce l'attacco fra dente e gengiva (Fig. 1.33 d). Se dopo l'eruzione completa del dente si asporta la gengiva libera, si sviluppa

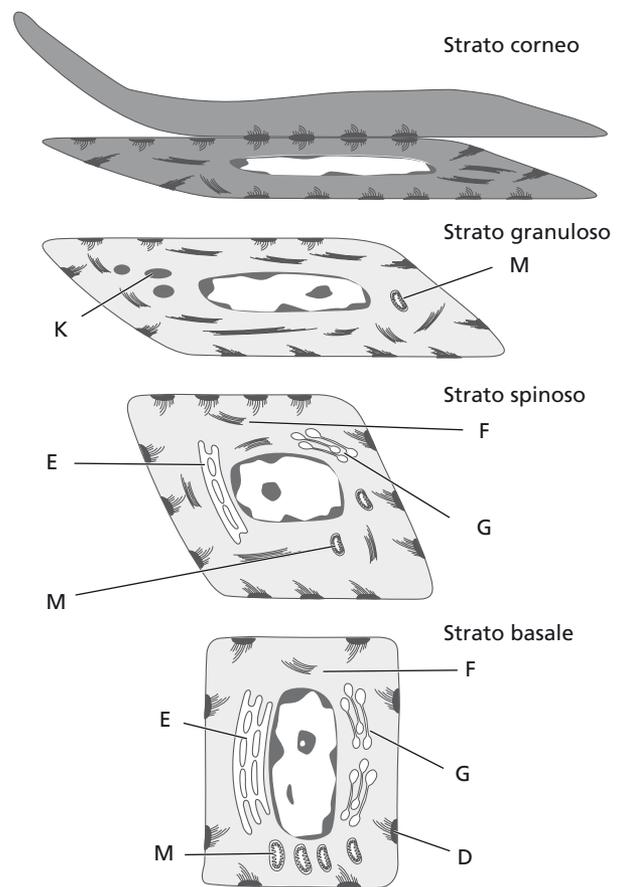


Fig. 1.30 Epitelio squamoso stratificato cheratinizzato. Nell'attraversamento dell'epitelio dallo strato basale alla superficie, i cheratinociti vanno incontro a un processo continuo di differenziazione e specializzazione. Questo schema mostra i molti cambiamenti che le cellule subiscono. D (*Desmosome*), desmosoma; E (*rough Endoplasmic reticulum*), reticolo endoplasmatico rugoso; F (*tonoFilament*), tonofilamento; G (*Golgi complex*), complesso di Golgi; K (*Keratohyalin body*), corpuscolo cheratoialino; M (*Mitochondrion*), mitocondrio.

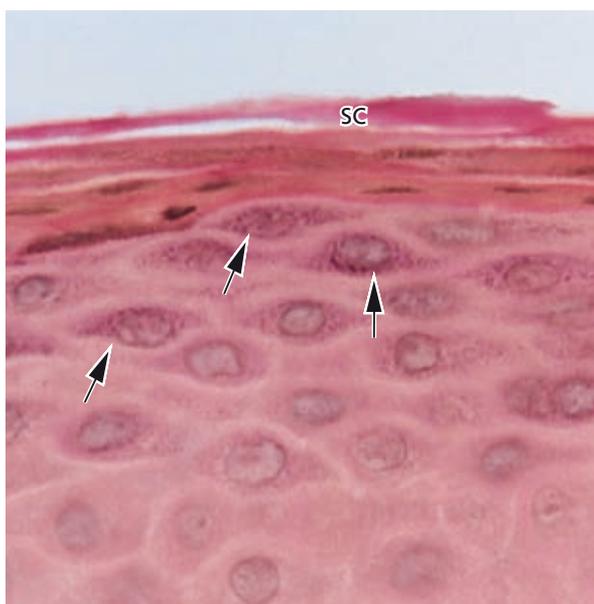


Fig. 1.31 Fotomicrografia dello strato granuloso e di quello corneo (SC). Nello strato granuloso sono visibili granuli di cheratoialina (frecce).

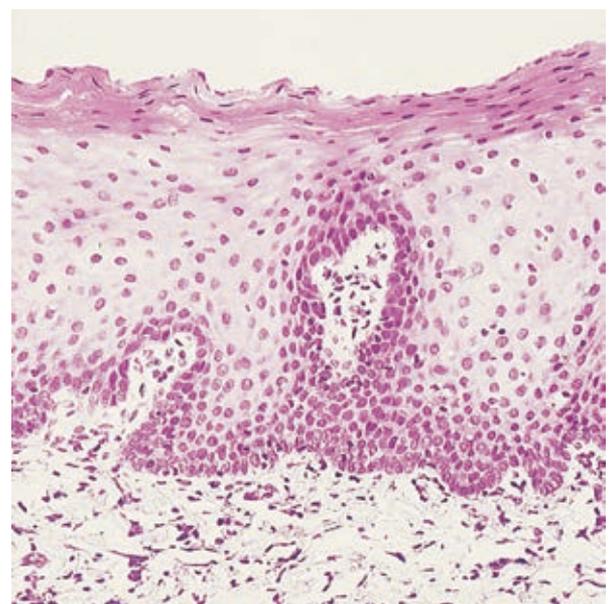


Fig. 1.32 Fotomicrografia che mostra una porzione di epitelio della mucosa (di rivestimento) alveolare e il tessuto connettivo adiacente. La mucosa di rivestimento è priva dello strato corneo.

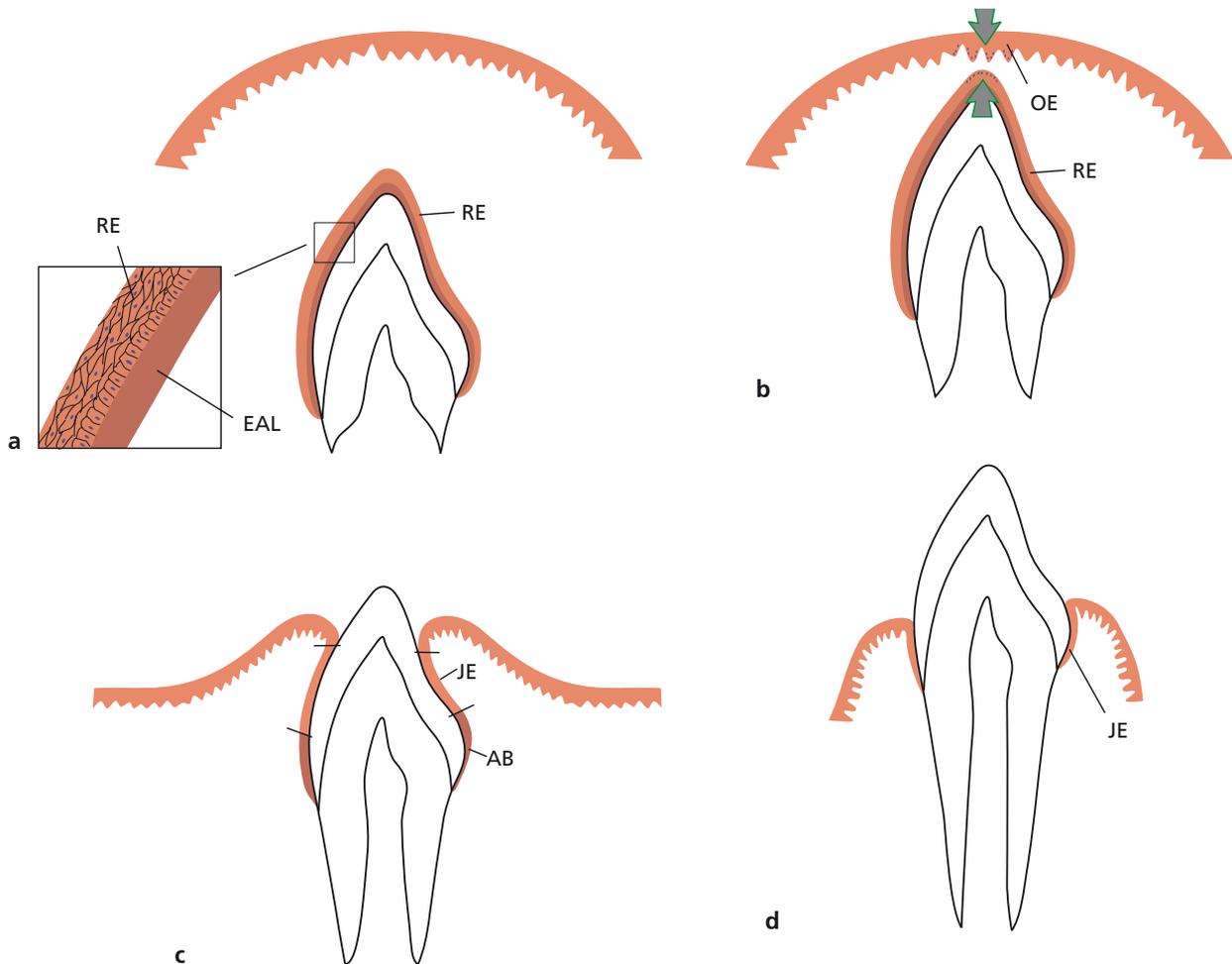


Fig. 1.33 Sviluppo della giunzione dentogengivale durante l'eruzione dei denti. **a**, Prima dell'eruzione, quando lo smalto del dente è completamente formato. **b**, Appena prima dell'eruzione del dente e prima che le cellule dell'epitelio ridotto dello smalto prendano contatto con le cellule epiteliali della mucosa orale. Le frecce indicano un aumento dell'attività mitotica. **c**, Appena dopo che il dente si è presentato nella cavità orale. **d**, Il dente è funzionale e ha raggiunto il piano oclusale. AB (*Ameloblast*), ameloblasto; EAL (*Epithelial Attachment Lamina*), lamina epiteliale di attacco; JE (*Junctional Epithelium*), epitelio giunzionale; OE (*Oral Epithelium*), epitelio orale; RE (*Reduced Dental Epithelium*), epitelio dentale ridotto.

però in fase di guarigione un nuovo epitelio giunzionale non distinguibile da quello che si riscontra dopo l'eruzione del dente. Il fatto che questo nuovo epitelio giunzionale si sia sviluppato dall'epitelio orale indica che le cellule di questo epitelio hanno la capacità di differenziarsi in cellule dell'epitelio giunzionale.

La figura 1.34 è una sezione istologica eseguita a livello dell'area di confine tra dente e gengiva, cioè in corrispondenza della *regione dentogengivale*. L'epitelio sulcolare orale copre il solco gengivale, poco profondo, localizzato tra lo smalto e il margine della gengiva libera. L'epitelio giunzionale differisce morfologicamente dall'epitelio sulcolare orale e dall'epitelio orale, che sono invece strutturalmente molto simili. Pur con variazioni a livello individuale, l'epitelio giunzionale è più ampio nella sua porzione coronale (circa 15-20 strati cellulari), mentre diventa più sottile (3-4 strati) verso la giunzione smalto-cemento. La linea di confine tra l'epitelio giunzionale e il tessuto connettivo sottostante non presenta digitazioni epiteliali tranne in caso di infiammazione.

L'epitelio giunzionale (JE) ha una superficie libera sul fondo del *solco gengivale* (*Gingival Sulcus, GS*) (Fig. 1.35).

Come l'epitelio sulcolare orale e l'epitelio orale, anche l'epitelio giunzionale è continuamente rinnovato dalle divisioni cellulari nello strato basale. Le cellule migrano fino alla base del solco gengivale da cui poi si desquamano. Le cellule dell'epitelio sulcolare orale hanno forma cuboide e la superficie di questo epitelio non è cheratinizzata.

Le cellule dell'epitelio giunzionale sono organizzate in uno strato basale e in parecchi strati sovrabasali (Fig. 1.36 a). Le cellule basali e quelle sovrabasali risultano appiattite, con l'asse maggiore parallelo alla superficie del dente (Fig. 1.36 b).

Gli epitelii sulcolare orale, gengivale orale e giunzionale presentano caratteristiche differenti:

- in rapporto con il volume del tessuto, la grandezza delle cellule dell'epitelio giunzionale è maggiore di quella delle cellule dell'epitelio orale;
- sempre in rapporto con il volume del tessuto, lo spazio intercellulare dell'epitelio giunzionale è comparativamente più ampio di quello dell'epitelio gengivale orale;
- il numero di desmosomi è più basso nell'epitelio giunzionale che in quello orale.

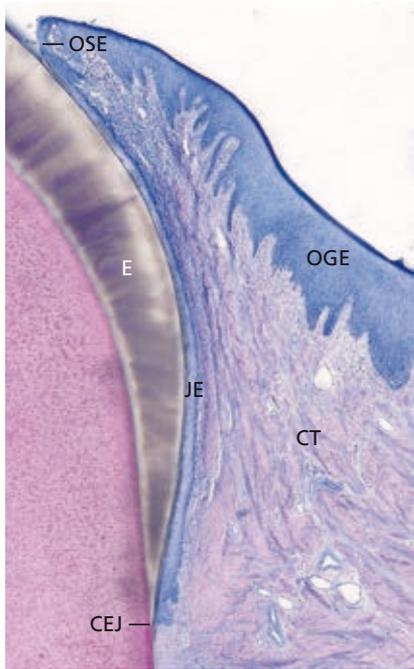


Fig. 1.34 Sezione istologica eseguita a livello dell'area di confine tra dente e gengiva, cioè in corrispondenza della regione dentogengivale. Lo smalto (E) si trova a sinistra. Andando verso destra si ha la successione di epitelio giunzionale (JE), epitelio sulculare orale (OSE) ed epitelio gengivale orale (OGE). CEJ (CementoEnamel Junction), giunzione smalto-cemento; CT (Connective Tissue), tessuto connettivo molle.

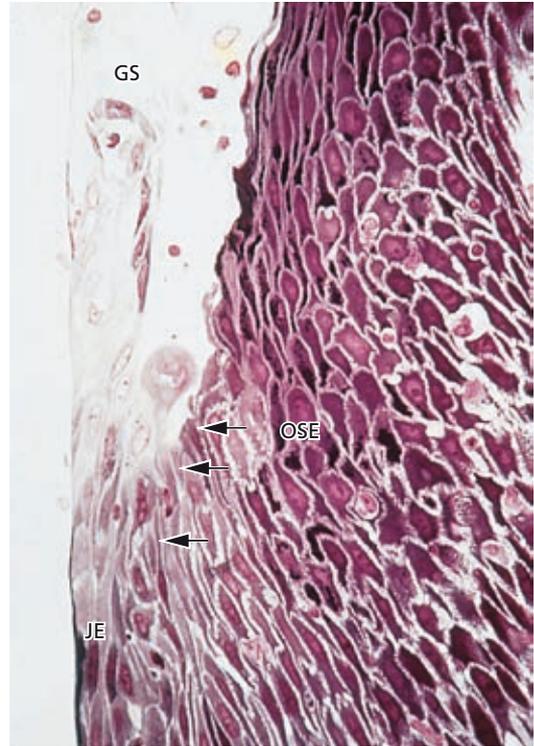


Fig. 1.35 Sezione istologica dell'epitelio giunzionale (JE), che ha una superficie libera sul fondo del solco gengivale (GS). Il confine fra epitelio giunzionale (JE) ed epitelio sulculare orale (OSE) è indicato dalle frecce.

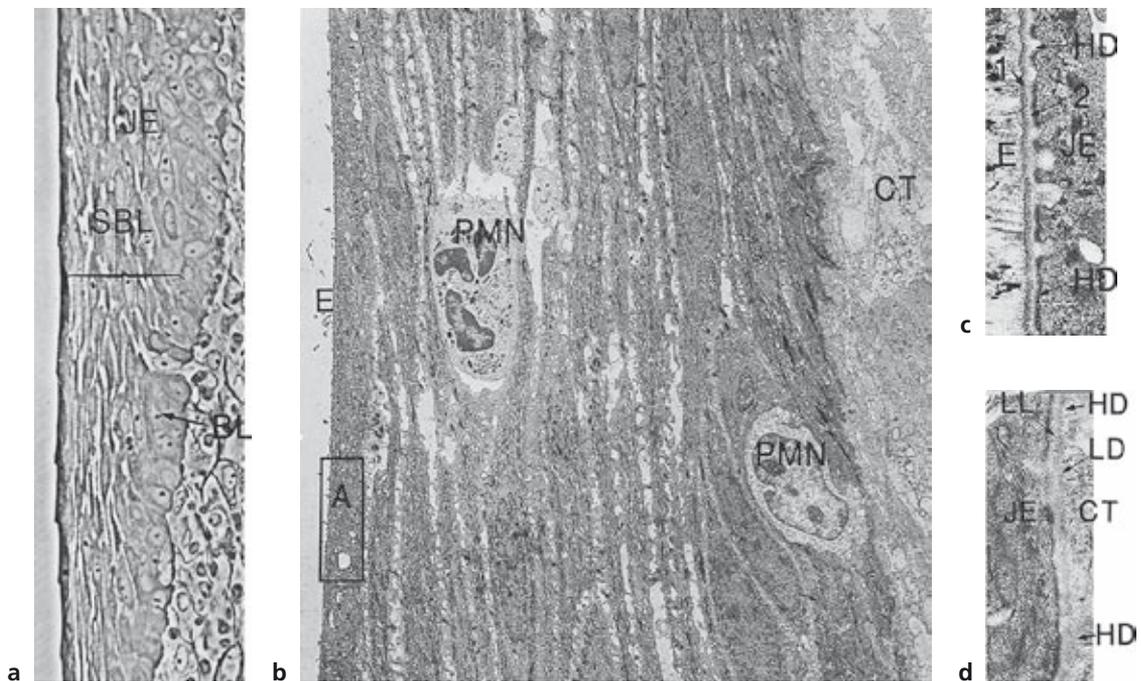


Fig. 1.36 Immagini al microscopio ottico (a) e al microscopio elettronico a trasmissione (b-d) che mostrano le diverse caratteristiche dell'epitelio giunzionale (JE). Appaiono evidenti gli spazi intercellulari comparativamente ampi fra le cellule oblunghe dell'epitelio giunzionale e due granulociti neutrofilici (polimorfocitici, PMN) che stanno attraversando l'epitelio (b). L'area del riquadro A in (b) è mostrata con un ingrandimento maggiore in (c), in cui è possibile osservare come le cellule basali dell'epitelio giunzionale non siano in contatto diretto con lo smalto (E). Fra lo smalto e l'epitelio giunzionale (JE) si possono notare una zona elettrone-densa e una zona elettrone-trasparente. Allo stesso modo, una zona elettrone-densa (LD) e una zona elettrone-trasparente (LL) sono presenti nell'area della membrana basale, cioè a livello dell'interfaccia tra epitelio giunzionale (JE) e tessuto connettivo (d). Emidesmosomi (HD) sono presenti sia nella lamina basale sia nella membrana basale. BL (Basal Layer), strato basale; CT (soft Connective Tissue), tessuto connettivo molle; E (Enamel), smalto; PMN (PolyMorphoNuclear leukocyte), leucocito polimorfocitico; SBL (SupraBasal Layer), strato subbasale.

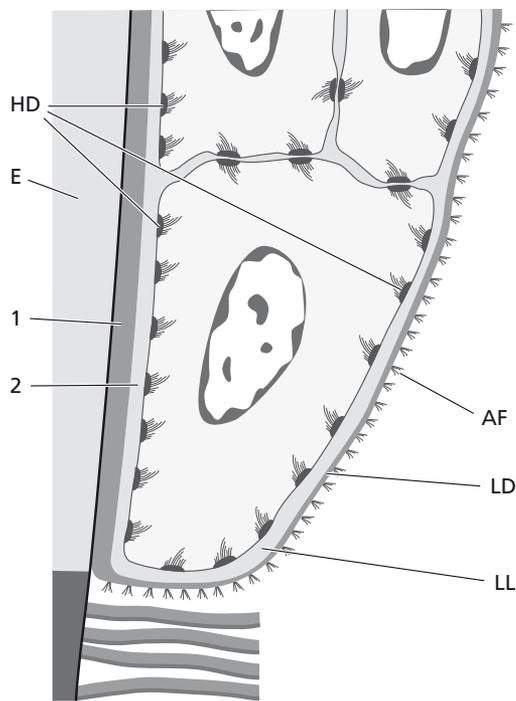


Fig. 1.37 Cellula dell'epitelio giunzionale situata nella sede più apicale. Lo smalto (E) è mostrato a sinistra. La zona elettron-densa (1) rappresenta la lamina densa (LD) mentre la zona elettro-trasparente (2) rappresenta la lamina lucida (LL) della lamina basale all'interfaccia tra l'epitelio e lo smalto. Le fibre di ancoraggio (AF) sono presenti esclusivamente nella membrana basale dove le cellule epiteliali guardano il tessuto connettivo lasso. Tuttavia gli emidesmosomi (HD) compaiono sia nella lamina basale sia nella membrana basale.

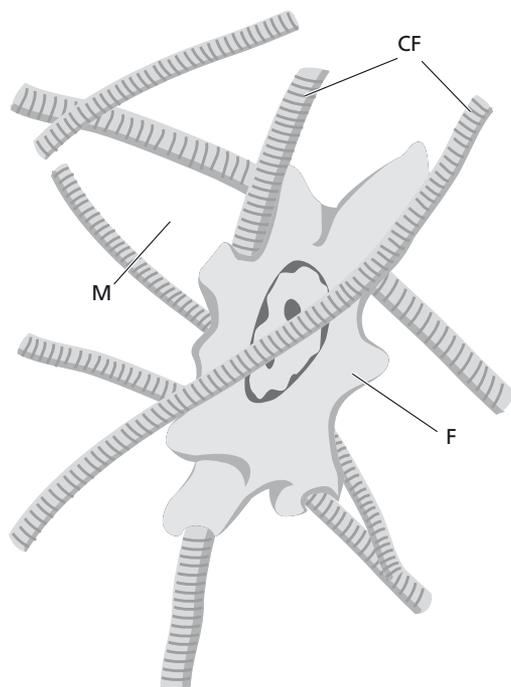


Fig. 1.38 Fibroblasto (F) disposto nel contesto di una rete di fibre del tessuto connettivo (CF). Tutto lo spazio interposto fra queste strutture è riempito dalla matrice extracellulare non-collagene (M), che costituisce "l'ambiente" in cui vive la cellula.

Fra lo smalto e l'epitelio giunzionale (*Junctional Epithelium*, JE) si possono notare una zona elettron-densa e una zona elettron-trasparente (Fig. 1.36 c). Tali zone hanno una struttura molto simile a quella della lamina densa (LD) e della lamina lucida (LL) nell'area della membrana basale, cioè a livello dell'interfaccia tra epitelio giunzionale (JE) e tessuto connettivo (CT) descritte nella figura 1.24. Inoltre, come visto in figura 1.36 d, la membrana citoplasmatica delle cellule dell'epitelio giunzionale contiene emidesmosomi sia nella parte rivolta verso lo smalto sia in quella rivolta verso il tessuto connettivo lasso. Quindi, l'interfaccia fra smalto ed epitelio giunzionale è simile all'interfaccia fra epitelio e tessuto connettivo.

In una rappresentazione schematica (Fig. 1.37) si può vedere che la zona elettron-densa fra l'epitelio giunzionale e lo smalto può essere considerata come continuazione della lamina densa che nella membrana basale è rivolta verso il tessuto connettivo. Similmente, la zona elettron-trasparente può essere considerata come continuazione della lamina lucida (LL). Si dovrebbe notare, tuttavia, che diversamente da quanto si osserva nell'interfaccia tra epitelio e tessuto connettivo, non si hanno fibre di ancoraggio attaccate alla struttura simile alla lamina densa adiacente allo smalto. Tuttavia, come le cellule basali adiacenti alla membrana basale (nell'interfaccia con il tessuto connettivo), anche le cellule dell'epitelio giunzionale che guardano verso la struttura simile alla lamina lucida contengono emidesmosomi. Quindi l'interfaccia tra l'epitelio giunzionale e lo smalto è strutturalmente molto simile all'interfaccia tra l'epitelio e il tessuto connettivo, il che significa che l'epitelio giunzionale è non solo in contatto con lo smalto, ma realmente e fisicamente attaccato al dente per mezzo degli emidesmosomi.

Lamina propria

L'elemento tissutale predominante della gengiva è il connettivo (lamina propria). Componenti principali del tessuto connettivo sono le *fibre collagene* (circa il 60% del volume del tessuto connettivo), i *fibroblasti* (circa il 5%) e i *vasi* e i *nervi* (circa il 35%), immersi in una matrice amorfa extracellulare contenente proteine non collagene (Fig. 1.38).

Cellule

I diversi tipi di cellule presenti nel tessuto connettivo sono rappresentati da *fibroblasti*, *mastociti*, *macrofagi* e *cellule infiammatorie*.

I *fibroblasti* sono le cellule predominanti nel tessuto connettivo (65% della popolazione totale di cellule). Sono responsabili della produzione dei vari tipi di fibre che si trovano nel tessuto connettivo, ma rappresentano anche un valido supporto alla sintesi della matrice di questo tessuto. Il fibroblasto è una cellula fusiforme o stellata con nucleo ovale contenente uno o più nucleoli (Fig. 1.39). Il citoplasma contiene

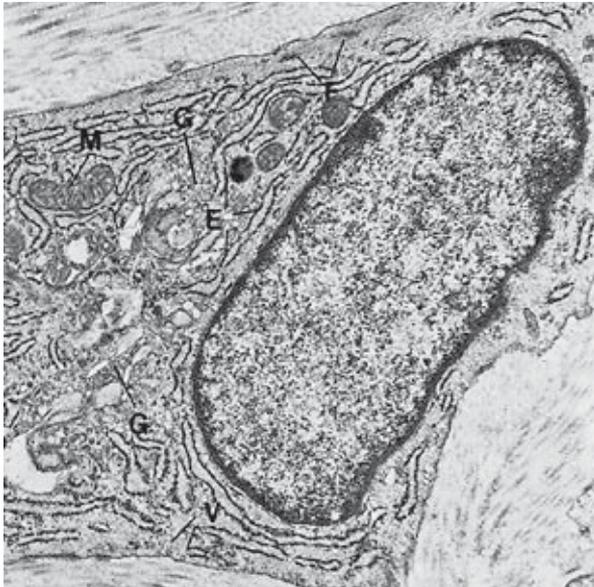


Fig. 1.39 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione di una parte di fibroblasto. Il citoplasma contiene un reticolo endoplasmatico rugoso ben sviluppato (E), un complesso di Golgi (G) e mitocondri (M) e vescicole (V) grandi e numerosi. Lungo tutta la periferia della cellula si possono vedere molti tonofilamenti sottili (F).

un reticolo endoplasmatico rugoso ben sviluppato a cui sono attaccati ribosomi. Il complesso di Golgi ha generalmente dimensioni considerevoli e i mitocondri sono grandi e numerosi. Inoltre, il citoplasma contiene molti filamenti sottili che assomigliano ai tonofilamenti.

I *mastociti* sono responsabili della produzione di alcune componenti della matrice (Fig. 1.40). Queste cellule producono anche sostanze vasoattive che possono agire sulla funzione del sistema microvascolare e controllare il flusso di sangue attraverso il tessuto. Il citoplasma è caratterizzato dalla presenza di molte vescicole (V) di diverse dimensioni. Le sostanze attive contenute nei mastociti sono enzimi proteolitici, istamina ed eparina. Il complesso di Golgi (G) è ben sviluppato, mentre il reticolo endoplasmatico rugoso è poco rappresentato. Lungo la periferia della cellula si può osservare un gran numero di piccole proiezioni citoplasmatiche, i microvilli (MV).

Nell'ambito dei tessuti i *macrofagi* svolgono varie funzioni sia fagocitiche sia di sintesi (Fig. 1.41). Essi derivano da monociti circolanti che migrano all'interno dei tessuti, che ricoprono un ruolo importante nel nostro sistema immunitario e che rispondono ai tessuti necrotici e ai corpi estranei, come microrganismi o biosostanze. Il nucleo è caratterizzato da numerose invaginazioni di varia grandezza. Lungo la periferia del nucleo si può osservare una zona elettronica di cromatina condensata. Il complesso di Golgi è ben sviluppato e nel citoplasma sono presenti numerose vescicole di varia grandezza. Il reticolo endoplasmatico rugoso è scarso, ma un certo numero di ribosomi liberi è distribuito uniformemente nel citoplasma. Nelle vescicole lisosomiali si trovano spesso

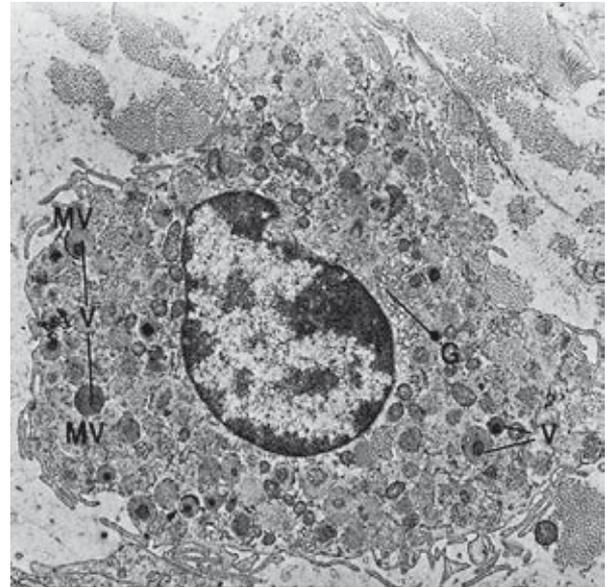


Fig. 1.40 Micrografia a trasmissione elettronica di un mastocito. Il citoplasma è caratterizzato dalla presenza di un gran numero di vescicole (V) e di un complesso di Golgi (G) ben sviluppato. Lungo la periferia della cellula si possono osservare molte piccole proiezioni citoplasmatiche, i microvilli (MV).

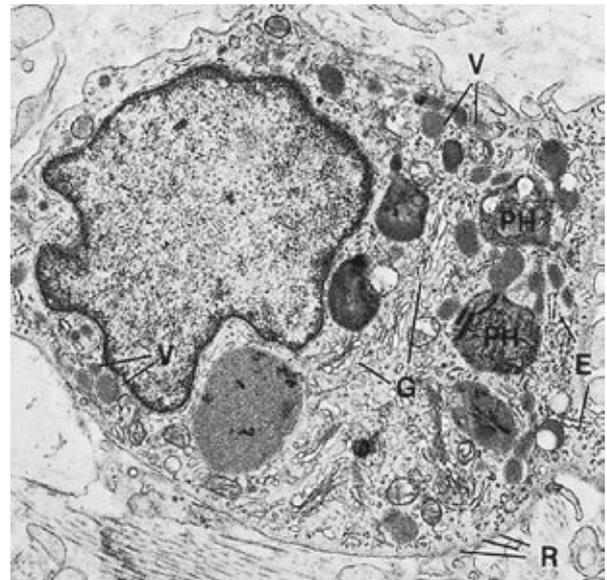


Fig. 1.41 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione di un macrofago. E (*rough Endoplasmic reticulum*), reticolo endoplasmatico rugoso; G (*Golgi complex*), complesso di Golgi; PH (*Phagosome*), fagosoma; R (*Ribosome*), ribosoma; V (*Vesicle*), vescicola.

residui di materiale fagocitato, i fagosomi. Alla periferia della cellula si possono osservare numerosi microvilli di varia grandezza. I macrofagi sono particolarmente numerosi nel tessuto infiammato.

Oltre ai fibroblasti, ai mastociti e ai macrofagi, il tessuto connettivo contiene *cellule infiammatorie* di vario tipo, per esempio granulociti neutrofili, linfociti e plasmacellule (Fig. 1.42).

I *granulociti neutrofili*, chiamati anche *leucociti polimorfonucleati*, hanno un aspetto caratteristico (Fig. 1.42 a).

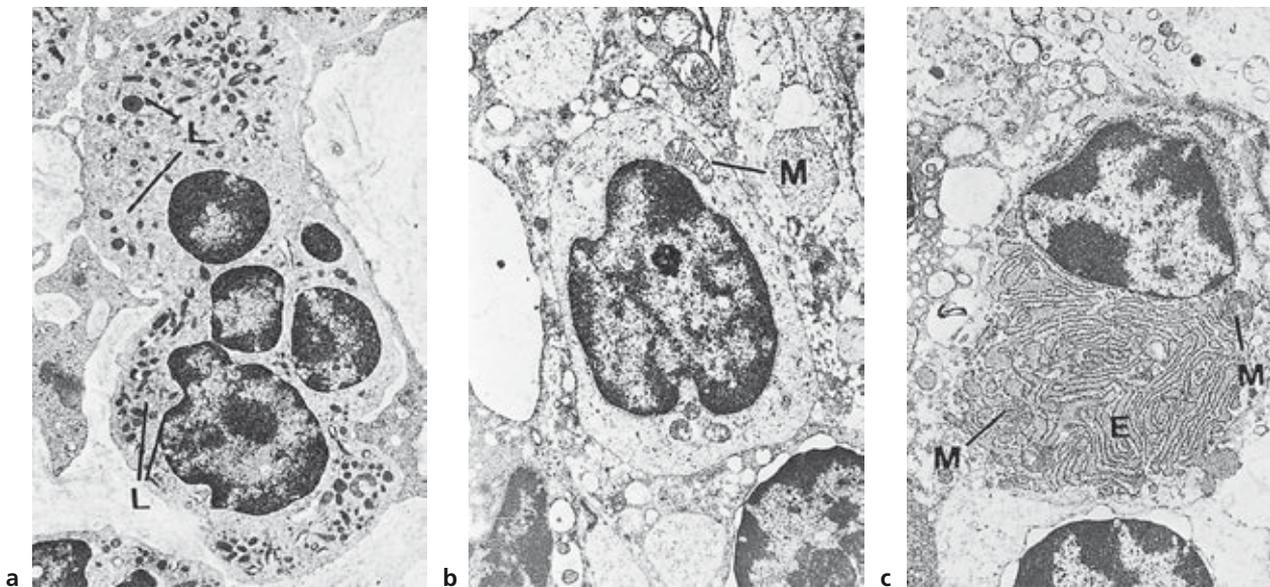


Fig. 1.42 Immagini al microscopio elettronico a trasmissione di un leucocito polimorfonucleato (a), un linfocita (b) e una plasmacellula (c). E (*rough Endoplasmic reticulum*), reticolo endoplasmatico rugoso; L (*Lysosome*), lisosoma; M (*Mitochondrion*), mitocondrio.

Il nucleo è lobulato e numerosi lisosomi, contenenti enzimi lisosomiali, sono presenti nel citoplasma.

I *linfociti* (Fig. 1.42 b) sono caratterizzati da un nucleo ovale o sferico che contiene aree localizzate di cromatina elettrone-densa. La stretta banda di citoplasma che circonda il nucleo contiene numerosi ribosomi liberi, qualche mitocondrio e, in alcune aree localizzate, un reticolo endoplasmatico. Nel citoplasma sono presenti anche alcuni lisosomi.

Le *plasmacellule* (Fig. 1.42 c) contengono un nucleo sferico localizzato eccentricamente con una cromatina elettrone-densa che si dispiega radialmente. Distribuito a caso nel citoplasma si trova il reticolo endoplasmatico rugoso. Il citoplasma contiene inoltre numerosi mitocondri e un complesso di Golgi ben sviluppato.

Fibre

Le fibre del tessuto connettivo sono prodotte dai fibroblasti e possono essere divise in *fibre collagene*, *fibre reticolari*, *fibre ossitalaniche* e *fibre elastiche*.

Le *fibre collagene* predominano nel tessuto connettivo gengivale e costituiscono le componenti essenziali del parodonto. Esse hanno una caratteristica configurazione a bande intercalate, con una periodicità di 700 Å fra le singole bande scure (Fig. 1.43).

La figura 1.44 illustra alcune importanti caratteristiche relative alla sintesi e alla composizione delle fibre collagene prodotte dai fibroblasti (F). L'unità più piccola, la molecola del collagene, è spesso denominata *tropocollagene*. Una molecola di tropocollagene ha una lunghezza di circa 3000 Å e un diametro di 15 Å. È formata da tre catene polipeptidiche intrecciate fra di loro a formare una spirale. Ciascuna catena contiene circa 1.000 aminoacidi; un terzo di questi aminoacidi è costituito da glicina e circa il 20% da prolina e idrossiprolina, la quale si trova quasi esclusi-

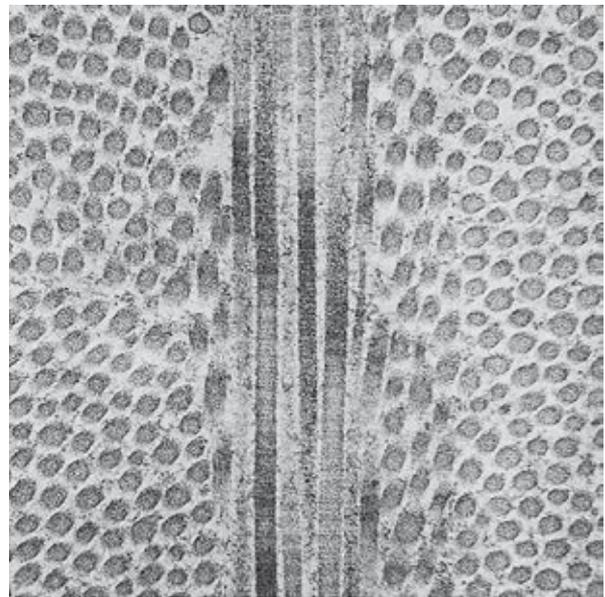


Fig. 1.43 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione di sezioni trasversali e longitudinali di fibre collagene.

sivamente nel collagene. La sintesi del tropocollagene avviene all'interno del fibroblasto e da qui la molecola di tropocollagene è secreta nello spazio extracellulare. Quindi la polimerizzazione delle molecole di tropocollagene per formare le fibrille di collagene avviene nel compartimento extracellulare. Dapprima le molecole di tropocollagene si uniscono longitudinalmente formando le *protofibrille*, che in seguito si aggregano lateralmente, in parallelo, per formare le *fibrille collagene*. Le molecole di tropocollagene si sovrappongono per circa il 25% della loro lunghezza. Dopo colorazione si sviluppano condizioni di rifrazione particolare nelle zone in cui le molecole di tropocollagene si uniscono fra loro; si può così osserva-

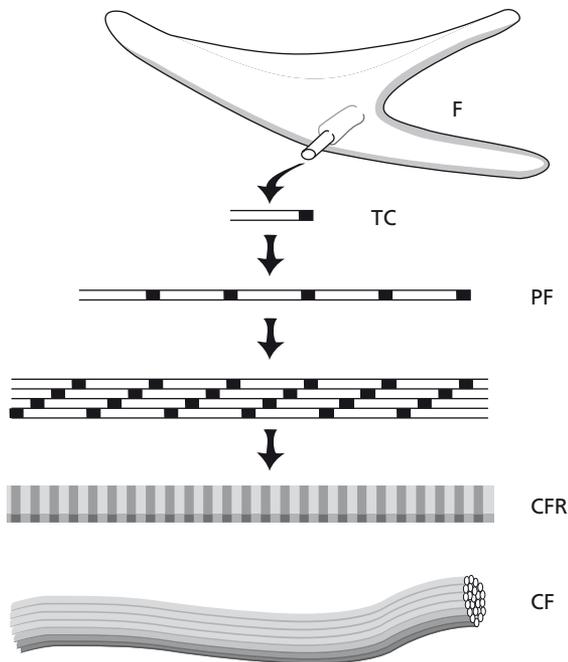


Fig. 1.44 Alcune importanti caratteristiche relative alla sintesi e alla composizione delle fibre collagene (CF) prodotte dai fibroblasti (F). CFR (*Collagene Fibrille*), fibrilla collagene; PF (*ProtoFibrille*), protofibrilla; TC (*TropoCollagene*), tropocollagene.

re al microscopio una sequenza di bande alternate con una periodicità di circa 640 Å. Le fibre collagene (*Collagen Fibers*, CF) sono fasci di fibrille collagene il cui allineamento produce anche in questo caso un'alternanza di bande con una periodicità di circa 640 Å. Le fibre collagene sono fasci di fibrille collagene, allineati in modo che anche le fibre mostrino bande incrociate ogni 640 Å. Nel tessuto le fibre sono generalmente organizzate in fasci. Man mano che le fibre collagene maturano, si formano legami covalenti incrociati fra le molecole di tropocollagene; da ciò deriva una riduzione della solubilità del collagene legata all'età.

Le fibre reticolari mostrano proprietà di colorazione argirofila e sono numerose nella zona di tessuto adiacente alla membrana basale (Fig. 1.45). Le fibre reticolari sono però numerose anche nel tessuto connettivo lasso che circonda i vasi sanguigni. Esse sono quindi presenti nell'interfaccia tra epitelio e tessuto connettivo e in quella tra endotelio e tessuto connettivo.

Le fibre ossitalaniche sono presenti in scarsa quantità nella gengiva e sono invece numerose nel legamento parodontale (Fig. 1.46). Sono formate da fibrille lunghe e sottili con un diametro di circa 150 Å. Queste fibre di tessuto connettivo possono essere mostrate al microscopio ottico solo dopo ossidazione con acido peracetico. La fotomicrografia mostra fibre ossitalaniche nel legamento parodontale, dove hanno un decorso prevalentemente parallelo all'asse lungo del dente e si inseriscono nel cemento. Le fibre ossitalaniche sono di natura elastica e sono ampiamente associate ai vasi sanguigni. Potrebbero avere una funzione di trasduzione di tipo meccanico.



Fig. 1.45 Immagine al microscopio ottico di fibre reticolari adiacenti alla membrana basale tra l'epitelio e il tessuto connettivo lasso. La colorazione argirofilica scurisce queste fibre (freccette).

Le fibre elastiche sono presenti nel tessuto connettivo della gengiva e del legamento parodontale soltanto in associazione ai vasi sanguigni. Tuttavia la lamina propria e la sottomucosa della mucosa (di rivestimento) alveolare contengono numerose fibre elastiche (Fig. 1.47).

Nella gengiva e nel legamento parodontale molte fibre collagene appaiono distribuite in modo irregolare o casuale, ma la maggior parte di esse tende a unir-

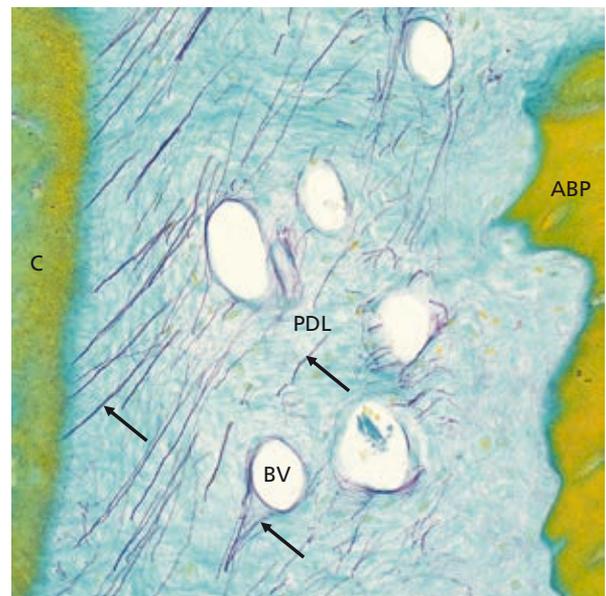


Fig. 1.46 Immagine al microscopio ottico di fibre ossitalaniche (freccette) nel legamento parodontale (PDL). Prendono inserzione nel cemento (C) e sono associate ai vasi sanguigni (BV). ABP (*Alveolar Bone Proper*), osso alveolare proprio.

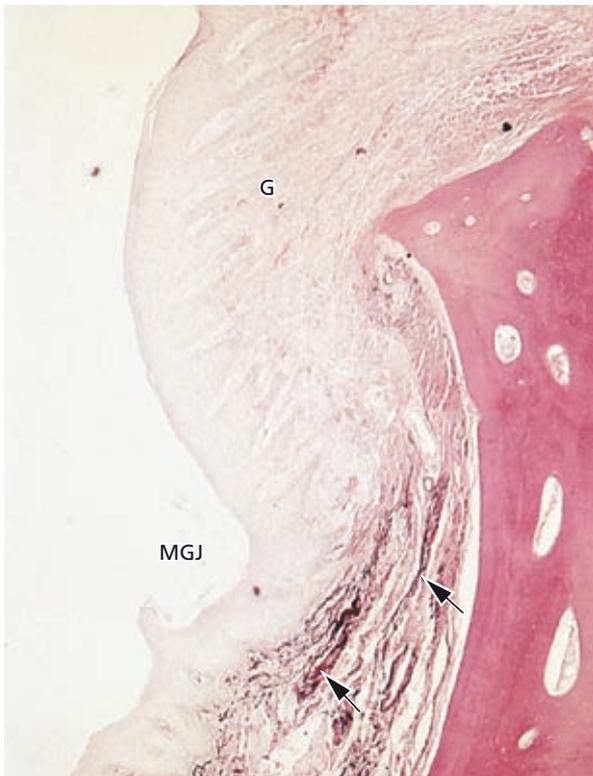


Fig. 1.47 Immagine al microscopio ottico di fibre elastiche (freccie) presenti nella lamina propria e nella sottomucosa della mucosa alveolare. La gengiva (G), che si può vedere in sede coronale rispetto alla giunzione mucogengivale (MGJ), non contiene fibre elastiche, a eccezione di quelle associate ai vasi sanguigni.

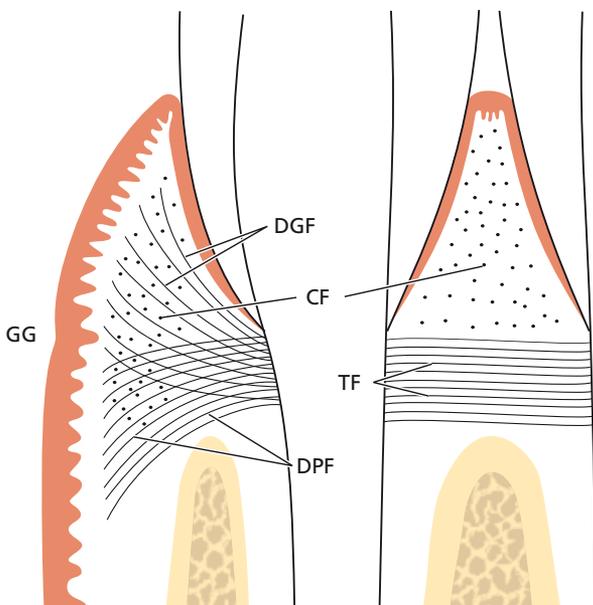


Fig. 1.48 Orientamento dei fasci di fibre collagene nella gengiva in sezione vestibololinguale (a sinistra) e mesiodistale (a destra). CF (Circular Fiber), fibra circolare; DGF (DentoGingival Fiber), fibra dentogengivale; DPF (DentoPeriosteal Fiber), fibra dentoperiostale; GC (Gingival Groove), solco gengivale; TF (Trans-septal Fiber), fibra transettale.

si in gruppi di fasci con un orientamento ben distinto. Secondo la loro inserzione e il loro decorso nel contesto del tessuto, i fasci di fibre collagene gengivali orientati possono essere divisi nei quattro gruppi sotto descritti (Fig. 1.48):

- *Fibre circolari (Circular Fibers, CF)*: sono i fasci di fibre che decorrono nella gengiva libera e circondano il dente a guisa di "polsino" o "anello".
- *Fibre dentogengivali (DentoGingival Fibers, DGF)*: sono contenute nel cemento della porzione sopralveolare della radice e dal cemento si proiettano a ventaglio nel tessuto gengivale libero delle superfici facciali, linguali e interprossimali.
- *Fibre dentoperiostali (DentoPeriosteal Fibers, DPF)*: partono dalla stessa porzione del cemento da cui originano le fibre dentogengivali, ma decorrono apicalmente sopra le creste ossee vestibolari e linguali e terminano nel tessuto della gengiva aderente. Nell'area di confine fra gengiva libera e gengiva aderente l'epitelio manca spesso di un supporto di fasci di fibre collagene sottostanti con orientamento ben definito. In questa area è spesso presente il solco gengivale libero.
- *Fibre transettali (Trans-septal Fibers, TF)*: si estendono fra il cemento sopralveolare di due denti adiacenti. Le fibre transettali partono dal cemento dei denti adiacenti e decorrono rettilinee attraversando il setto interdentale.

È da notare che le fibre transettali, oltre a connettere il cemento (C) di denti adiacenti, uniscono il cemento sopralveolare con la cresta dell'osso alveolare (Fig. 1.49). I quattro gruppi di fasci di fibre collagene illustrati nella figura 1.48 rinforzano la gengiva e assicurano la resilienza e il tono necessari al mantenimento della sua forma architettonica e dell'integrità dell'attacco dentogengivale.

Matrice extracellulare

La *matrice extracellulare* del tessuto connettivo è prodotta principalmente dai fibroblasti, anche se alcuni

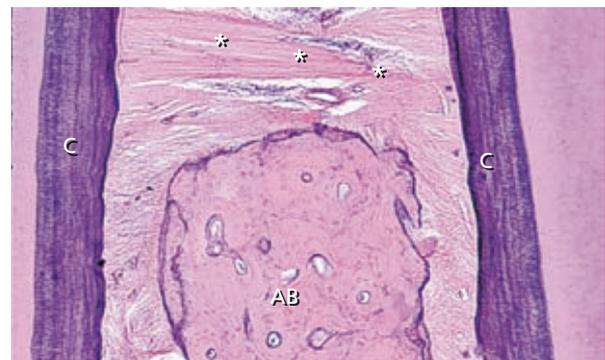


Fig. 1.49 Sezione istologica che mostra l'orientamento dei fasci di fibre transettali (asterischi) nella porzione sopralveolare dell'area interdentale. Le fibre transettali sono integrate nel cemento acellulare a fibre estrinseche (C) e nella cresta dell'osso alveolare (AB).

costituenti sono prodotti dai mastociti e altri derivano dal sangue. La matrice è il mezzo in cui sono contenute le cellule del tessuto connettivo ed è essenziale per il mantenimento delle normali funzioni del tessuto connettivo. Quindi, il trasporto di acqua, di elettroliti, di fattori nutritivi, di metaboliti eccetera, da e verso le singole cellule connettivali, avviene all'interno della matrice. I principali costituenti della matrice del tessuto connettivo sono macromolecole di carboidrati e proteine. Questi complessi si distinguono normalmente in *proteoglicani* e *glicoproteine*. I proteoglicani contengono come unità polisaccaridiche i *glicosaminoglicani* (ialuronan-solfato, eparan-solfato eccetera) che, attraverso legami covalenti, si legano a una o più catene proteiche. La componente polisaccaridica è sempre predominante nei proteoglicani. Il glicosaminoglicano, chiamato "ialuronano" o acido ialuronico, non è probabilmente legato a proteine. Anche le glicoproteine (fibronectina, osteonectina eccetera) contengono carboidrati, ma tali macromolecole differiscono da quelle dei glicosaminoglicani in quanto nelle glicoproteine è prevalente la componente proteica. Nelle macromolecole i mono- o gli oligosaccaridi sono connessi, attraverso legami covalenti, con una o più catene proteiche.

La funzione normale del tessuto connettivo dipende dalla presenza di proteoglicani e glicosaminoglicani. La porzione polisaccaridica dei proteoglicani, rappresentata dai glicosaminoglicani, è composta da molecole grandi, flessibili, disposte in catene cariche negativamente, ciascuna delle quali occupa uno spazio piuttosto grande. In tale spazio possono essere incorporate molecole piccole come l'acqua e gli elettroliti, mentre molecole più grandi non possono entrare. I proteoglicani regolano quindi la diffusione e il flusso di liquidi attraverso la matrice e sono fattori importanti per il contenuto liquido del tessuto e per il mantenimento della pressione osmotica. In altre parole, i proteoglicani agiscono come un filtro molecolare e svolgono, inoltre, un ruolo importante nella regolazione della migrazione (o del movimento) di cellule nel tessuto. Grazie alla loro struttura e alle proprietà di idratazione, le macromolecole resistono alla deformazione, agendo quindi come regolatori della consistenza del tessuto connettivo. Se la gengiva viene compressa, le macromolecole si deformano; quando la pressione cessa, le macromolecole ritornano alla loro forma originale. Le macromolecole sono perciò importanti per le caratteristiche di resilienza della gengiva.

Interazioni tra epitelio e mesenchima

Durante lo sviluppo embrionale di vari organi ha luogo una reciproca influenza induttiva fra epitelio e tessuto connettivo; lo sviluppo dei denti è un esempio caratteristico di tale fenomeno. Se, da una parte, il tessuto connettivo è un fattore determinante per il normale sviluppo del germe dentario, l'epitelio dello

smalto esercita, d'altra parte, un'influenza ben definita sullo sviluppo dei componenti mesenchimali del dente.

È stato ipotizzato che la differenziazione tissutale nell'organismo adulto possa essere influenzata da fattori ambientali. La cute e le mucose, per esempio, mostrano spesso un'aumentata cheratinizzazione e un'iperplasia dell'epitelio nelle aree esposte alla stimolazione meccanica. I tessuti, quindi, sembrano adattarsi agli stimoli ambientali; così si è ritenuto in passato che la presenza di epitelio cheratinizzato sulla mucosa masticatoria fosse il risultato di un adattamento all'irritazione meccanica causata dalla masticazione. Tuttavia la ricerca ha dimostrato che le caratteristiche dell'epitelio in tali aree sono determinate geneticamente. Alcune osservazioni al riguardo sono riportate di seguito.

In uno studio sperimentale sono stati trasposti chirurgicamente lembi tissutali della gengiva vestibolare e della mucosa alveolare adiacenti a un dente premolare (Karring et al. 1971). Un'area della bocca di una scimmia in cui la gengiva (G) e la mucosa alveolare (*Alveolar Mucosa*, AM) sono state trasposte chirurgicamente è mostrata in figura 1.50. La mucosa alveolare è stata posta in stretto contatto con i denti, mentre la gengiva è stata posizionata nell'area della mucosa alveolare.

Dopo quattro mesi dall'intervento, la stessa area vista in figura 1.50 mostra che la gengiva innestata (G), pur restando mobile nei confronti dell'osso sottostante (Fig. 1.51), ha mantenuto le proprie caratteristiche morfologiche di mucosa masticatoria. Si è però rigenerata una stretta fascia di nuova gengiva cheratinizzata fra la mucosa alveolare e i denti.

È mostrata una sezione istologica condotta attraverso la gengiva innestata vista nella figura 1.51 (Fig. 1.52). Poiché le fibre elastiche mancano nel tessuto connettivo gengivale, ma sono numerose nel tessuto connettivo della mucosa alveolare, il tessuto innestato può essere facilmente identificato. L'epitelio che

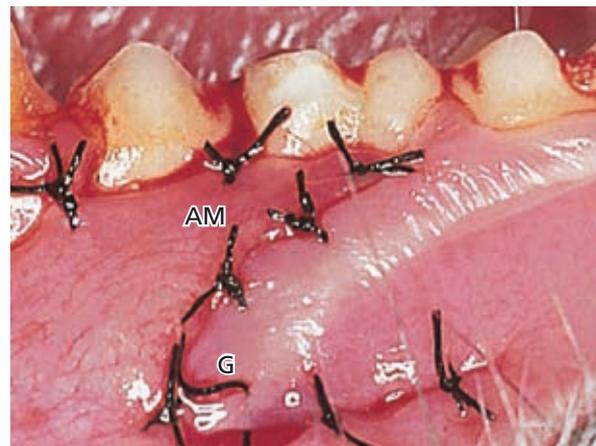


Fig. 1.50 Area della bocca di una scimmia in cui la gengiva (G) e la mucosa alveolare (AM) sono state trasposte chirurgicamente.

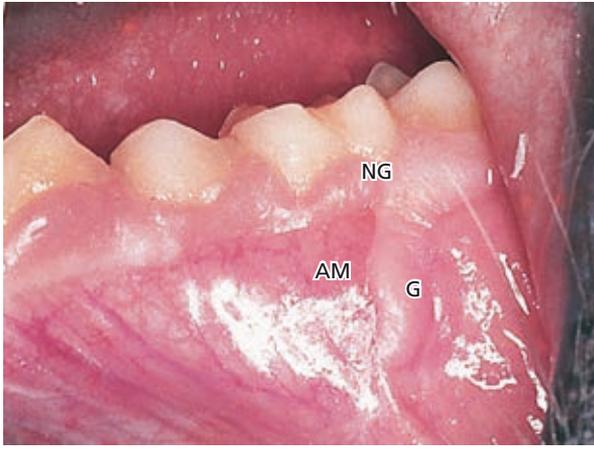


Fig. 1.51 Immagine della stessa area mostrata nella figura 1.50 a distanza di quattro mesi dall'intervento di trasposizione. La gengiva innestata (G) ha mantenuto le proprie caratteristiche morfologiche di mucosa masticatoria. Si è però rigenerata una stretta fascia di nuova gengiva cheratinizzata (NG) fra la mucosa alveolare (AM) e i denti.

ricopre il tessuto gengivale innestato mostra uno strato di cheratina ben distinto sulla superficie e anche la configurazione dell'interfaccia epitelio-tessuto connettivo (cioè le digitazioni e le papille connettiva-



Fig. 1.52 Sezione istologica condotta attraverso la gengiva innestata vista nella figura 1.51. La gengiva (G) trasposta mostra un epitelio cheratinizzato (compreso tra le punte di freccia) e manca di fibre elastiche nella lamina propria. Al contrario, le fibre elastiche sono numerose (freccie) nel tessuto connettivo della mucosa alveolare (AM) adiacente alla lamina propria della gengiva. Le fibre elastiche sono state colorate di rosso.

li) è simile a quella di una gengiva normale non innestata. Quindi il tessuto gengivale localizzato eterotopicamente ha mantenuto la propria specificità originale. Questa osservazione dimostra che le caratteristiche della gengiva sono determinate geneticamente, più che essere il risultato di un adattamento funzionale agli stimoli ambientali.

Dopo l'intervento di trasposizione, la mucosa alveolare è stata posta in stretto contatto con i denti, come si è visto nella figura 1.50. Dopo la guarigione si è sviluppata una stretta zona di gengiva cheratinizzata (NG) posta in sede coronale alla mucosa alveolare trapiantata (cfr. Fig. 1.51). Questa nuova zona di gengiva (NG), osservabile nella parte superiore della sezione istologica, è ricoperta da epitelio cheratinizzato e il tessuto connettivo non contiene fibre elastiche colorate con la porpora (Fig. 1.53). Inoltre, è importante notare che la giunzione fra epitelio cheratinizzato ed epitelio non cheratinizzato (freccie grandi) corrisponde esattamente alla giunzione fra tessuto connettivo "elastico" e "non elastico" (freccie piccole). Il tessuto connettivo della nuova gengiva è stato generato dal tessuto connettivo dell'area sopralveolare e del legamento parodontale e ha separato il trapianto di mucosa alveolare dal dente (Fig. 1.54). È molto probabile che l'epitelio che

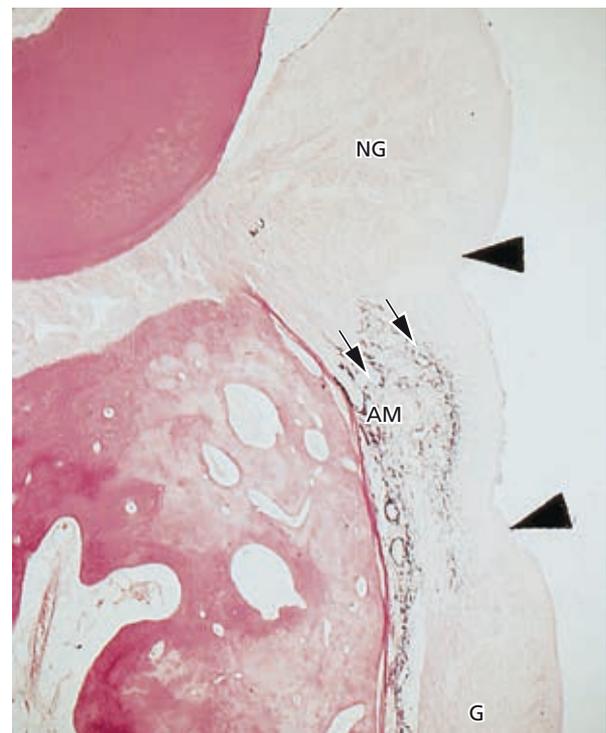


Fig. 1.53 Sezione istologica condotta attraverso la porzione coronale dell'area dell'innesto mostrata nella figura 1.51. Il tessuto gengivale innestato (G) è visibile nella parte inferiore della microfotografia e si è sviluppata una stretta zona di gengiva cheratinizzata (NG) posta in sede coronale alla mucosa alveolare trapiantata (AM, tra le punte di freccia). La giunzione fra epitelio cheratinizzato ed epitelio non cheratinizzato (le fibre elastiche sono state colorate di rosso) corrisponde esattamente alla giunzione fra tessuto connettivo "elastico" e "non elastico" (freccie piccole).

ricopre la nuova gengiva sia migrato dall'epitelio adiacente della mucosa alveolare: ciò indica che è il tessuto connettivo a determinare la qualità dell'epitelio.

Lo sviluppo del nuovo tessuto gengivale a contatto con il dente è illustrato in figura 1.54. Il tessuto di granulazione è proliferato coronalmente lungo la superficie radicolare e ha separato l'innesto di mucosa alveolare (AM) dal suo contatto originario con la superficie del dente (Fig. 1.54 a). Le cellule epiteliali sono migrate dall'innesto di mucosa alveolare al tessuto connettivo gengivale neoformato (Fig. 1.54 b). Quindi la gengiva neoformata è stata ricoperta da un epitelio cheratinizzato originato dall'epitelio non cheratinizzato della mucosa alveolare. Ne deriva che il tessuto connettivo gengivale neoformato (NG) possiede la capacità di indurre modificazioni nella differenziazione dell'epitelio che origina dalla mucosa alveolare. Questo epitelio, normalmente non cheratinizzato, si è apparentemente differenziato in epitelio cheratinizzato in seguito agli stimoli provenienti dal tessuto connettivo gengivale neoformato (innesto gengivale, *Gingival Transplant*, GT).

Il tipo di epitelio è stato valutato anche in un altro studio sperimentale (Karring et al. 1975) in cui sono stati trapiantati innesti di tessuto connettivo libero, privo di epitelio, su gengiva cheratinizzata o su mucosa alveolare non cheratinizzata, in tasche create nel tessuto connettivo lasso della mucosa alveolare (Fig. 1.55). I tessuti trapiantati sono stati sistemati il più vicino possibile all'epitelio di rivestimento, che è stato poi rimosso 3-4 settimane dopo per permettere l'epitelizzazione da parte della mucosa alveolare circostante. Il tessuto connettivo gengivale innestato era diventato come l'epitelio cheratinizzato, assumendo lo stesso aspetto di quello dell'epitelio della gengiva normale (Fig. 1.56). Al contrario, gli innesti di mucosa alveolare erano ricoperti di epitelio non cheratinizzato.

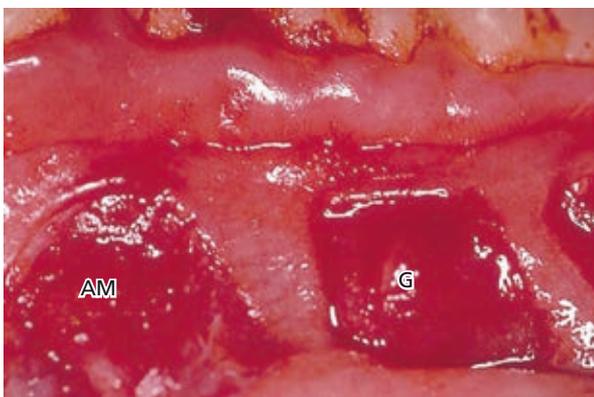


Fig. 1.55 Si osservano due porzioni, una di tessuto connettivo gengivale (G), l'altra di tessuto connettivo della mucosa alveolare (AM), andate incontro a guarigione dopo innesto in aree riceventi situate nella mucosa alveolare. L'epitelizzazione di questi innesti può avvenire soltanto attraverso la migrazione di cellule epiteliali della mucosa alveolare circostante.

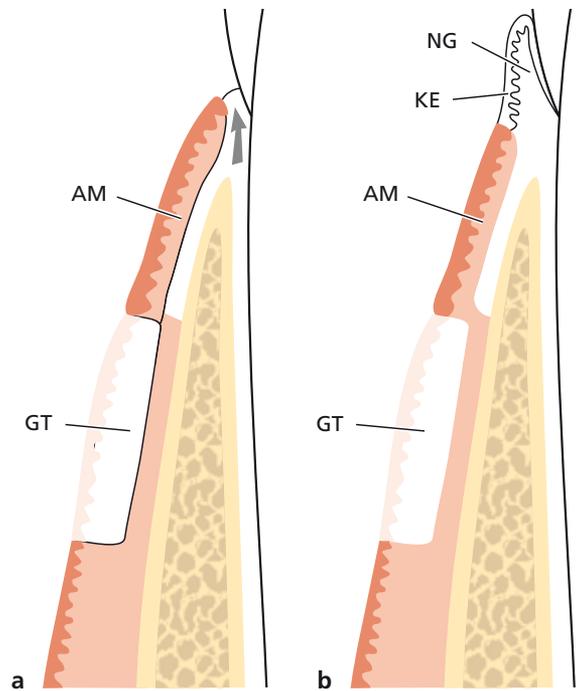


Fig. 1.54 Sviluppo della nuova stretta zona di gengiva cheratinizzata osservata nelle figure 1.51 e 1.53. **a**, Il tessuto di granulazione è proliferato coronalmente lungo la superficie radicolare (freccia) e ha separato l'innesto di mucosa alveolare (AM) dal suo contatto con la superficie del dente. **b**, Le cellule epiteliali sono migrate dall'innesto di mucosa alveolare al tessuto connettivo gengivale neoformato (NG) dove si sono trasformate in cellule epiteliali cheratinizzate (KE). GT (*Gingival Transplant*), innesto gengivale.

Sezioni istologiche dell'area di tessuto connettivo gengivale trapiantato (Fig. 1.57) mostrano quanto segue:

- il tessuto connettivo gengivale innestato è ricoperto da epitelio cheratinizzato ;
- l'interfaccia tra epitelio e tessuto connettivo ha lo stesso decorso ondulato (caratterizzato da digita-

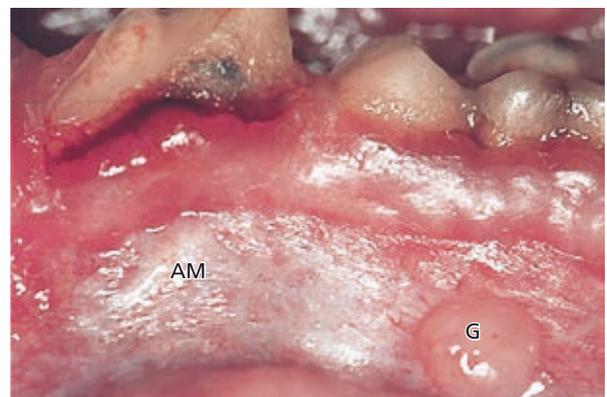


Fig. 1.56 Tessuto connettivo gengivale innestato (G) dopo riepitelizzazione. Questa porzione di tessuto ha assunto un aspetto simile a quello della gengiva normale, il che sta a indicare che il tessuto connettivo è ora ricoperto da un epitelio cheratinizzato. Il tessuto connettivo innestato dalla mucosa alveolare (AM) è ricoperto da un epitelio non cheratinizzato e ha lo stesso aspetto della mucosa alveolare circostante.

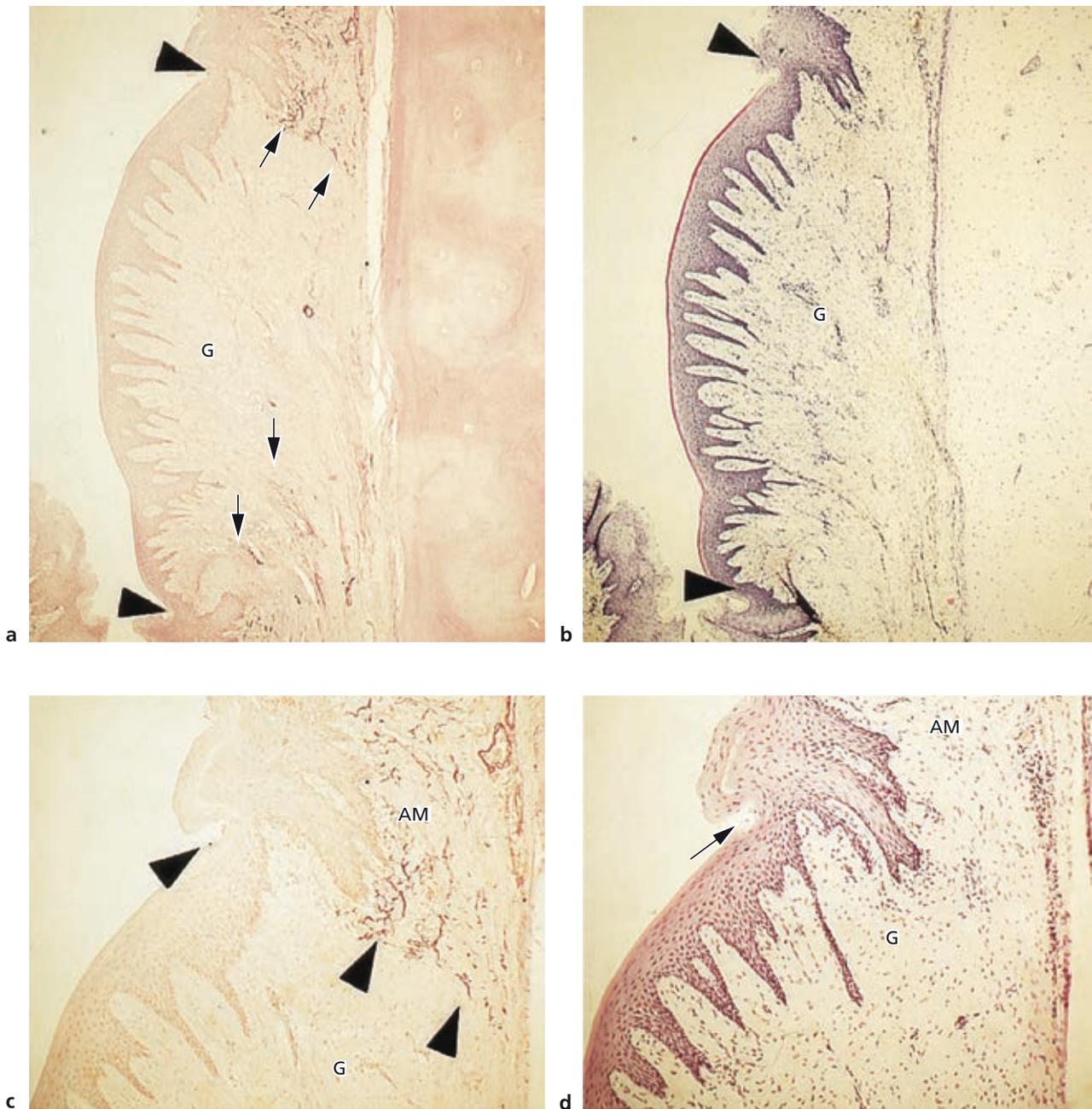


Fig. 1.57 Due sezioni istologiche dell'area di tessuto connettivo gengivale innestato. Le sezioni sono state colorate per evidenziare la presenza di fibre elastiche (freccie) (a, c) con ematossilina ed eosina (b, d) e sono mostrate a ingrandimento medio (a, b) ed elevato (c, d). a, b, Il tessuto al centro (tra le teste di freccia) privo di fibre elastiche è il connettivo gengivale innestato rivestito da epitelio cheratinizzato. c, Le fibre elastiche colorate di rosso nel tessuto connettivo della mucosa alveolare (AM) (due teste di freccia) terminano dove il tessuto connettivo della gengiva (G) ha inizio. d, Le freccie indicano il sito dove l'epitelio cheratinizzato adiacente al tessuto connettivo gengivale incontra l'epitelio non cheratinizzato sopra la mucosa alveolare.

zioni e papille connettivali) che si osserva nella gengiva normale.

A maggiore ingrandimento appaiono evidenti le relazioni fra epitelio cheratinizzato e tessuto connettivo "non elastico" e tra epitelio non cheratinizzato e tessuto connettivo "elastico" (Figg. 1.57 c, d). L'instaurarsi di queste relazioni così strette dimostra che il tessuto connettivo gengivale innestato possiede la capacità di alterare la differenziazione delle cellule epiteliali, come precedentemente suggerito (cfr. Fig. 1.54).

Partendo dal loro stato di cellule non cheratinizzate, le cellule dell'epitelio della mucosa alveolare si trasformano, come risulta evidente, in cellule cheratinizzate. Da ciò si deduce che la specificità dell'epitelio gengivale è determinata da fattori genetici propri del tessuto connettivo.

Legamento parodontale

Il legamento parodontale è il tessuto connettivo molle, cellulare e riccamente vascolarizzato, che circonda

le radici dei denti e congiunge il cemento radicolare con la parete dell'alveolo. In direzione coronale il legamento parodontale prosegue nella lamina propria della gengiva ed è separato da quest'ultima attraverso l'interposizione dei fasci di fibre collagene che collegano la cresta dell'osso alveolare alla radice (fibre della cresta alveolare).

Radiograficamente si possono distinguere due tipi di osso alveolare (Fig. 1.58):

- la parte del processo alveolare che ricopre l'alveolo, chiamata anche lamina dura (LD);
- la porzione di processo alveolare che sulla radiografia appare simile alla trama di una maglia, chiamata anche "osso trabecolare".

Il legamento parodontale è situato nello spazio fra le radici dei denti e l'osso della parete alveolare. L'osso alveolare circonda il dente dall'apice fino a un livello di circa 1 mm apicalmente alla giunzione smalto-cemento (*Cemento-Enamel Junction*, CEJ). Il bordo coronale dell'osso è chiamato *cresta alveolare* (*Bone Crest*, BC). Lo spazio del legamento parodontale ha la forma di una "clessidra", con la parte più stretta situata circa a metà della radice. L'ampiezza del legamento parodontale è pari a circa 0,2 mm e dipende dalla specie, dall'età, dalla distanza dalla CEJ e dalla funzione. Il legamento parodontale permette la distribuzione delle forze che si sviluppano durante la funzione masticatoria e altri contatti tra i denti, e il riassorbimento da parte del processo alveolare, attraverso l'osso alveolare proprio. Il legamento parodontale è anche essenziale per la mobilità dei denti. La mobilità di un dente è in larga misura determinata dall'ampiezza, dall'altezza e dalla qualità del legamento parodontale (cfr. Capp. 13 e 43).

Il dente è unito all'osso da fasci di fibre collagene che possono essere divisi, in relazione alla loro organizzazione, in quattro gruppi principali (Fig. 1.59):

- fibre della cresta alveolare (*Alveolar Crest Fibers*, ACF);
- fibre orizzontali (*Horizontal Fibers*, HF);
- fibre oblique (*Oblique Fibers*, OF);
- fibre apicali (*Apical Fibers*, APF).

Il legamento parodontale e il cemento radicolare si sviluppano dal tessuto connettivo lasso (il follicolo) che circonda il germe dentario. I principali fasci di fibre del legamento parodontale si sviluppano dalla corona verso l'apice durante lo sviluppo della radice e l'eruzione del dente. Il disegno schematico della figura 1.60 mostra i vari stadi di organizzazione del legamento parodontale che si forma in concomitanza con lo sviluppo della radice e con l'eruzione del dente.

Il germe dentario si forma in una cripta dell'osso (Fig. 1.60 a). Le fibre collagene prodotte dai fibroblasti situati nel tessuto connettivo lasso intorno al germe dentario sono, durante il processo di maturazione, inglobate all'interno del cemento neoformato in sede immediatamente apicale alla giunzione smalto-cemento. Le fibre si uniscono in fasci orientati verso

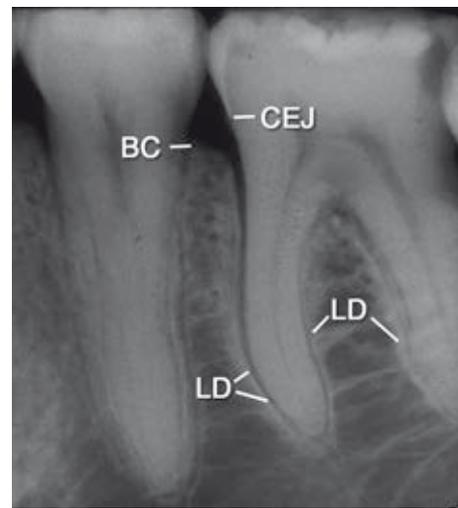


Fig. 1.58 Radiografia della regione premolare mandibolare. Radiograficamente si possono distinguere due tipi di osso alveolare: la lamina dura (LD) è la parte del processo alveolare che ricopre l'alveolo, mentre l'osso trabecolare che appare simile alla trama di una maglia, costituisce il resto del processo alveolare. Il bordo coronale dell'osso è chiamato cresta alveolare (BC). La distanza tra la cresta alveolare e la giunzione smalto-cemento (CEJ) misura circa 1 mm.

la porzione coronale della cripta ossea, dando origine successivamente ai gruppi di fibre dentogengivali, dentoperiostali e transettali propri delle fibre orientate della gengiva (cfr. Fig. 1.48).

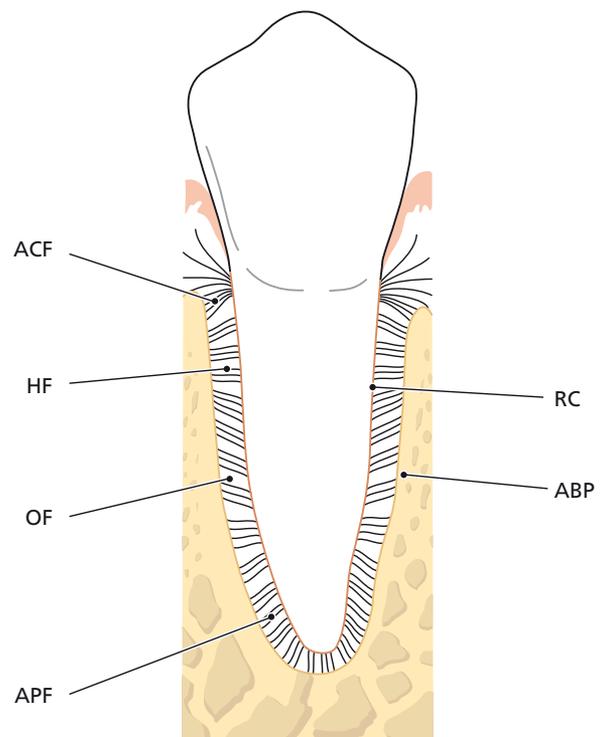


Fig. 1.59 Disegno schematico della sede del legamento parodontale, fra l'osso alveolare proprio (ABP) e il cemento radicolare (RC). Il dente è unito all'osso da fasci di fibre collagene che circondano l'osso. Andando dalla corona all'apice questi gruppi di fibre costituiscono le fibre della cresta alveolare (ACF), le fibre orizzontali (HF), le fibre oblique (OF) e le fibre apicali (APF).

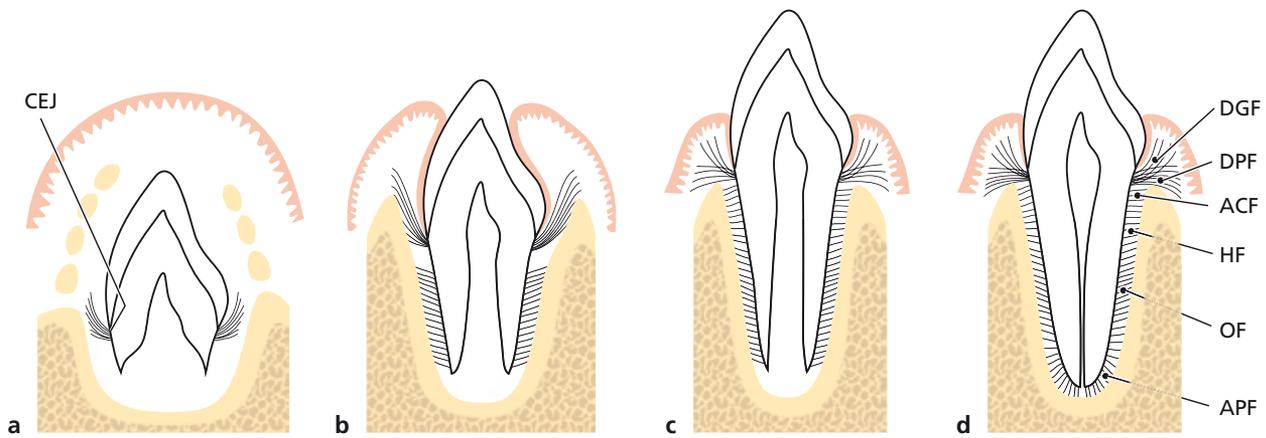


Fig. 1.60 Vari stadi di organizzazione del legamento parodontale che si forma in concomitanza con lo sviluppo della radice e con l'eruzione del dente. **a**, Germe dentario con una parte di radice scarsamente sviluppata, prima dell'eruzione nella cavità orale. **b**, Il dente durante l'eruzione nella cavità orale. **c**, Il dente ha raggiunto il piano di occlusione ma la formazione della radice non è ancora completa. **d**, Dente in occlusione con l'apice radicale chiuso. Lo sviluppo delle fibre collagene che prendono inserzione nel cemento inizia in prossimità immediata della giunzione smalto-cemento (CEJ). I fasci di fibre principali del legamento parodontale si sviluppano dalla corona verso l'apice, durante lo sviluppo della radice e l'eruzione del dente. Dapprima si sviluppano le fibre dentogengivali (DGF) e le fibre dentoperiostali (DPF), seguite dalle fibre della cresta alveolare (ACF), le fibre orizzontali (HF), le fibre oblique (OF) e, infine, le fibre apicali (APF).

Le fibre proprie del legamento parodontale, le *fibre principali*, si sviluppano contemporaneamente all'eruzione del dente (Fig. 1.60 b). Le prime fibre che si possono identificare sono quelle che penetrano nella porzione più marginale dell'osso alveolare; in seguito sono osservabili in posizione più apicale fasci di fibre collagene orientati (Fig. 1.60 c).

L'orientamento dei fasci di fibre collagene varia continuamente durante la fase di eruzione del dente. Solo quando il dente ha raggiunto il contatto in occlusione ed è realmente funzionante, le fibre del legamento parodontale si associano in gruppi di fibre collagene dentoalveolari ben orientate, come mostrato nella figura 1.60 d. Tali strutture collageniche vanno incontro a un rimodellamento costante (cioè al riassorbimento delle fibre vecchie e alla formazione di nuove).

Lo sviluppo delle fibre principali del legamento parodontale è illustrato nella figura 1.61. Si rilevano inizialmente fibre piccole e fini, simili a quelle di uno spazzolino, che provengono dal cemento radicolare e dall'osso alveolare proprio e si proiettano nello spazio del legamento parodontale (Fig. 1.61 a). In questo stadio la superficie dell'osso è ricoperta da osteoblasti e si può vedere soltanto una modesta quantità di fibrille collagene sottili che si irradiano dalla superficie ossea.

Successivamente, si ha un aumento del numero e dello spessore delle fibre che penetrano nell'osso (Fig. 1.61 b). Queste fibre si irradiano verso il tessuto connettivo lasso che si trova nella parte centrale dell'area del legamento parodontale, in cui sono contenute fibrille collagene orientate più o meno a caso.

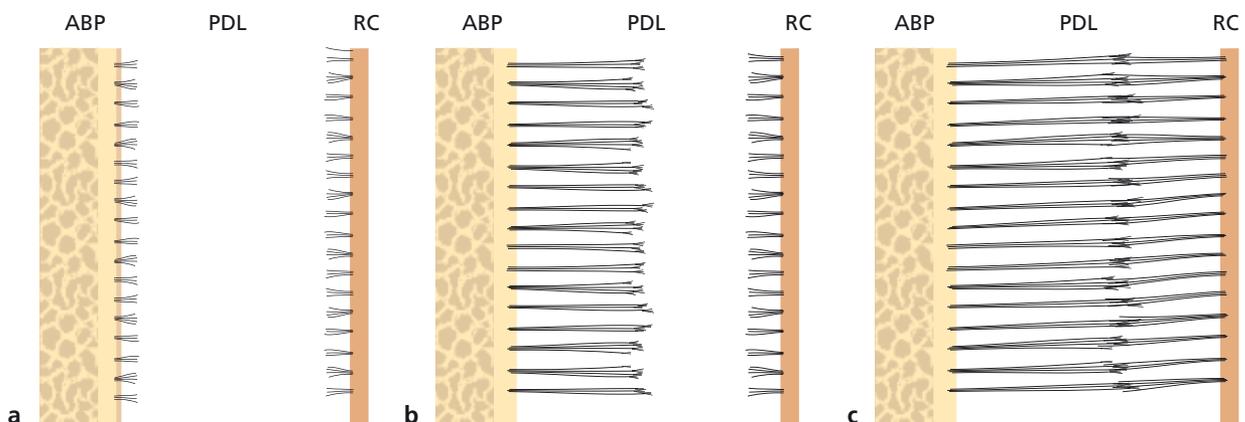


Fig. 1.61 Sviluppo delle fibre principali del legamento parodontale. **a**, Si rilevano inizialmente fibrille piccole e fini, simili a quelle di uno spazzolino, che provengono dal cemento radicolare (RC) e dall'osso alveolare proprio (ABP) e si proiettano nello spazio del legamento parodontale (PDL). **b**, Successivamente si ha un aumento del numero e dello spessore delle fibre che penetrano nello spazio del legamento parodontale. **c**, Le fibre collagene che hanno origine dal cemento della radice e dall'osso aumentano di lunghezza e spessore e si fondono per formare le fibre principali del legamento parodontale.

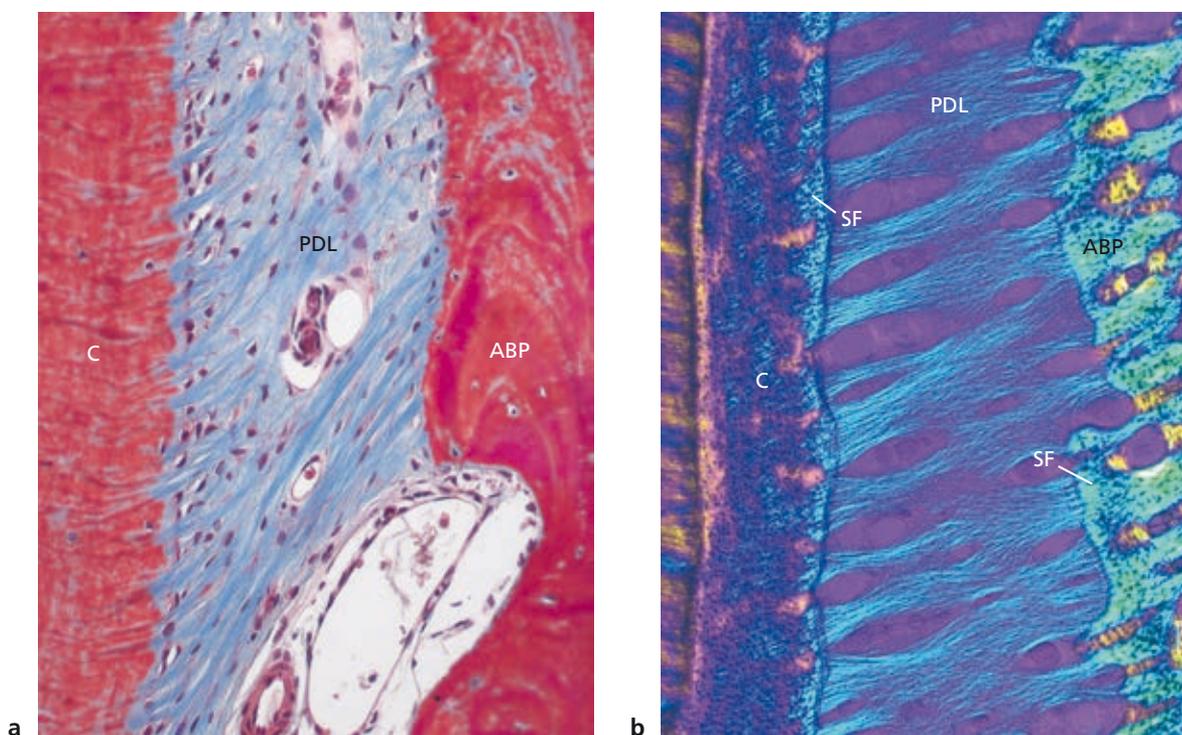


Fig. 1.62 Sezioni istologiche al microscopio ottico a luce trasmessa (a) e a luce polarizzata (b) che mostrano come le fibre principali del legamento parodontale (PDL) decorrono dal cemento della radice (C) all'osso alveolare proprio (ABP). Le fibre collagene che penetrano sia nel cemento sia nell'osso sono chiamate "fibre di Sharpey" (SF).

Le fibre che originano dal cemento sono ancora corte, mentre quelle che penetrano nell'osso diventano gradualmente più lunghe; le porzioni terminali di queste fibre sono fornite di proiezioni digitiformi.

Le fibre di collagene che originano dal cemento aumentano di lunghezza e spessore e si fondono nello spazio del legamento parodontale con le fibre provenienti dall'osso alveolare (Fig. 1.61 c). Quando il dente, dopo l'eruzione, raggiunge il contatto in occlusione e inizia la sua funzione, le fibre principali cominciano a organizzarsi in fasci che decorrono con continuità dall'osso al cemento.

La sezione istologica della figura 1.62 a mostra come le fibre principali del legamento parodontale decorrano ininterrottamente dal cemento della radice all'osso alveolare proprio. Le fibre principali racchiuse nel cemento (fibre di Sharpey) hanno un diametro inferiore a quello delle fibre di Sharpey contenute nell'osso alveolare proprio, ma rispetto a queste sono più numerose.

Al microscopio a luce polarizzata si può notare come le fibre di Sharpey penetrino non solo nel cemento ma anche in tutto l'osso alveolare proprio (Fig. 1.62 b). Il legamento parodontale contiene anche alcune fibre elastiche associate ai vasi sanguigni e fibre ossitalaniche (cfr. Fig. 1.46); queste ultime hanno prevalentemente una direzione apico-coronale e si trovano, nel legamento parodontale, più vicine alla radice che all'osso alveolare. Esse si inseriscono molto spesso nel cemento e la loro funzione potrebbe essere correlata alla trasduzione di tipo meccanico.

Le cellule del legamento parodontale sono rappresentate da *fibroblasti*, *osteoblasti*, *cementoblasti*, *osteoclasti*, *odontoclasti*, *istiociti* nonché da *cellule epiteliali*, *fibre nervose* e *vasi sanguigni*. I fibroblasti sono allineati lungo le fibre principali, mentre i cementoblasti rivestono la superficie del cemento e gli osteoblasti quella dell'osso.

Raggruppamenti di cellule epiteliali nel legamento parodontale chiamati *residui delle cellule epiteliali di Malassez*, costituiscono residui della guaina epiteliale di Hertwig (Fig. 1.63 a): sono situati nel legamento parodontale a una distanza di 15-75 μm dal cemento sulla superficie della radice.

A maggior ingrandimento è visibile un gruppo di questi residui epiteliali (Fig. 1.63 b).

Al microscopio elettronico si può vedere come i residui epiteliali di Malassez siano circondati da una membrana basale. Si osserva inoltre la presenza di desmosomi e di emidesmosomi tra le membrane cellulari delle cellule epiteliali (Fig. 1.64); queste cellule contengono solo pochi mitocondri e hanno un reticolo endoplasmatico poco sviluppato. Si tratta dunque di cellule vitali, ma in fase di riposo, caratterizzate da un metabolismo molto basso.

Quando il legamento parodontale è prelevato tangenzialmente alla superficie della radice, mostra che i residui epiteliali di Malassez, che nelle sezioni istologiche ordinarie appaiono come gruppi isolati di cellule epiteliali, formano in realtà una rete continua di cellule epiteliali che circondano la radice (Fig. 1.65). La loro funzione è attualmente non ancora no-

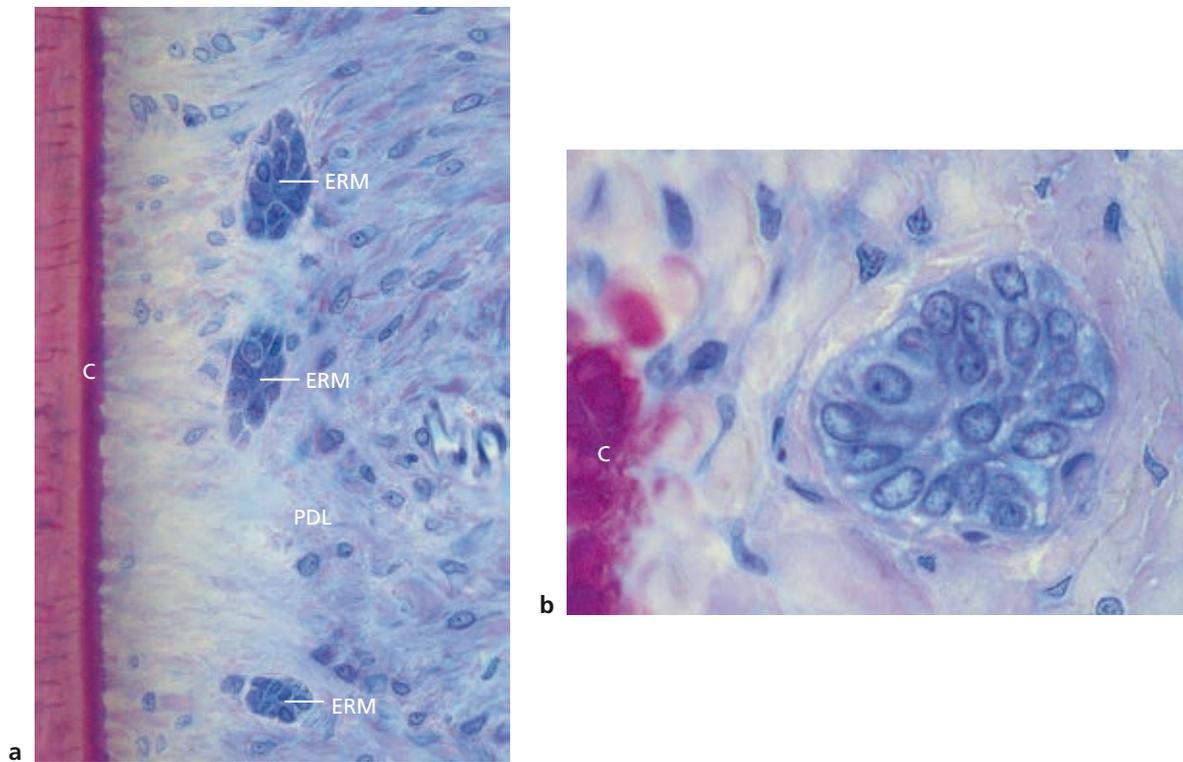


Fig. 1.63 a, Immagini al microscopio ottico di tre raggruppamenti di cellule epiteliali, chiamate “residui delle cellule epiteliali di Malassez” (ERM) situate nel legamento parodontale (PDL) vicino alla superficie del cemento (C). b, Ingrandimento più elevato di un gruppo più grande di residui di cellule epiteliali di Malassez vicino alla superficie del cemento.

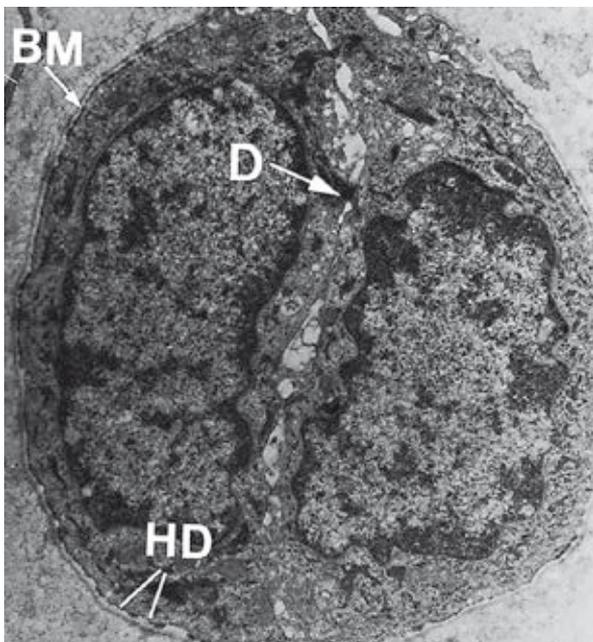


Fig. 1.64 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione dei residui epiteliali di Malassez circondati da una membrana basale (BM) e da emidesmosomi (HD). I desmosomi (D) connettono tra di loro cellule epiteliali adiacenti.

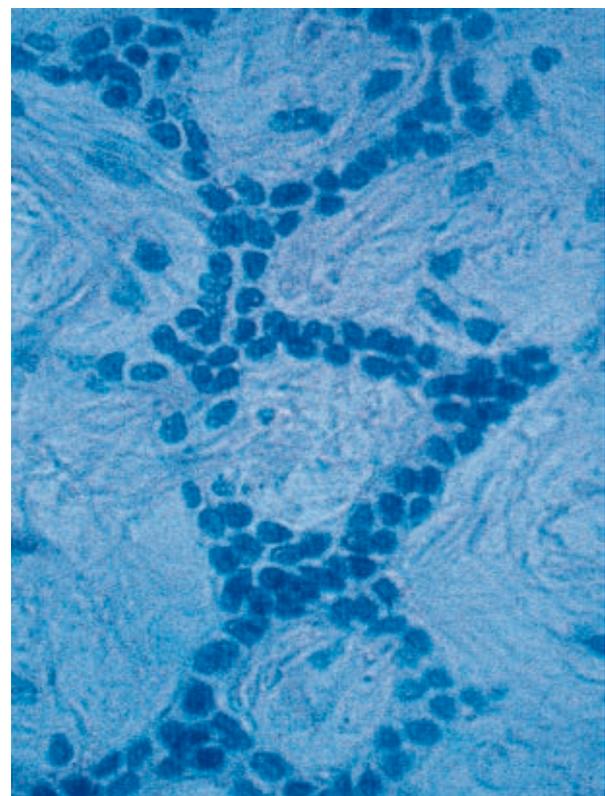


Fig. 1.65 Fotomicrografia del legamento parodontale rimosso da un dente estratto e prelevato tangenzialmente alla superficie della radice che mostra che i residui epiteliali di Malassez formano una rete continua di cellule epiteliali che circondano la radice.

ta; è stato però visto che la rete epiteliale è a contatto con l'epitelio giunzionale. Le terminazioni nervose sono inoltre in contatto sia con i residui epiteliali di Malassez sia con l'epitelio giunzionale.

Cemento radicolare

Il cemento è un tessuto mineralizzato specializzato che ricopre le superfici della radice dei denti e, talvolta, piccole porzioni della corona del dente; può anche estendersi fino all'interno del canale radicolare. A differenza dell'osso, nell'uomo il cemento non contiene vasi sanguigni o linfatici, non è innervato, non va incontro a riassorbimento fisiologico e a rimodellamento ma è caratterizzato da una continua deposizione nel corso della vita. Come altri tessuti mineralizzati, è costituito da fibre collagene incorporate in una matrice organica. Il suo contenuto minerale, principalmente idrossiapatite, corrisponde a circa il 65% del peso, poco più di quello dell'osso (60%). Il cemento svolge varie funzioni: fissa le fibre principali del legamento parodontale alla radice e contribuisce ai processi di riparazione successivi a un danno della superficie radicolare. Può anche avere un ruolo nel modificare la posizione del dente qualora fosse necessario.

Sono stati descritti diversi tipi di cemento:

- *cemento acellulare afibrillare (Acellular Afibrillar Cementum, AAC)*, che si trova principalmente a livello della porzione cervicale dello smalto;

- *cemento acellulare a fibre estrinseche (Acellular Extrinsic Fiber Cementum, AEFC)*, che si trova nelle porzioni coronale e intermedia della radice e che contiene principalmente fasci di fibre di Sharpey. Questo tipo di cemento rappresenta una parte importante dell'apparato di attacco e connette il dente all'osso alveolare proprio o *bundle bone*; può essere chiamato "cemento di attacco";
- *cemento cellulare a stratificazione mista (Cellular Mixed Stratified Cementum, CMSC)*, che si rileva nel terzo apicale delle radici e nelle forcazioni. Contiene fibre intrinseche ed estrinseche e cementociti; può essere chiamato "cemento reattivo" in quanto reagisce prontamente alle forze meccaniche;
- *cemento cellulare a fibre intrinseche (Cellular Intrinsic Fiber Cementum, CIFIC)*, che si riscontra soprattutto nelle lacune di riassorbimento e contiene fibre intrinseche e cementociti; può essere chiamato "cemento di riparazione".

La figura 1.66 mostra esempi istologici dell'apparato di attacco del dente. Alla luce polarizzata (Fig. 1.66 a) le fibre collagene principali del legamento parodontale vanno dalla radice ricoperta dal cemento fino al processo alveolare ricoperto dall'osso fascicolato. Le porzioni delle fibre principali del legamento parodontale immerse nel cemento radicolare e nel *bundle bone* si chiamano fibre di Sharpey. Le fibre ossitalaniche sono principalmente presenti nel legamento parodontale (Fig. 1.66 b) e decorrono paralle-

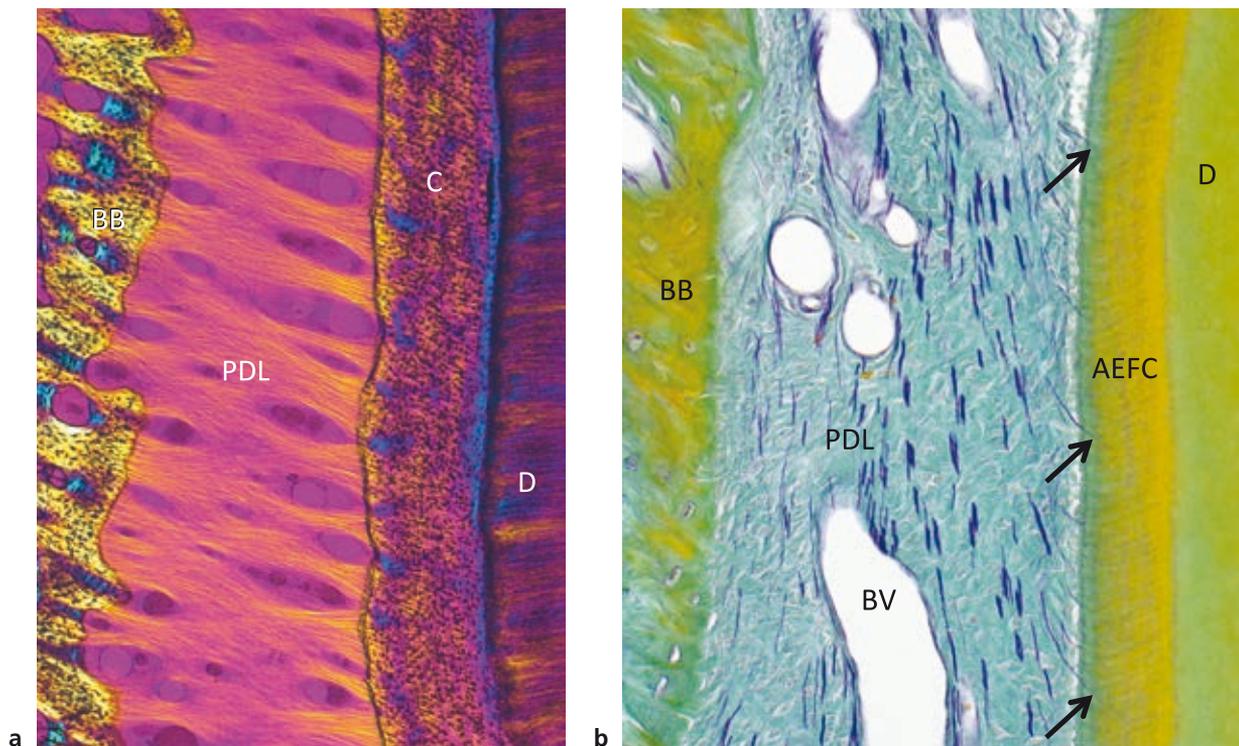


Fig. 1.66 Fotomicrografie dell'apparato di attacco di un dente. **a**, Viste alla luce polarizzata, le fibre collagene principali del legamento parodontale (PDL) decorrono dalla radice ricoperta dal cemento (C) fino al processo alveolare ricoperto dall'osso alveolare proprio o osso fascicolato (BB). **b**, Quando una sezione di paraffina è colorata con la tecnica di Halmi con aldeide fucsina, le fibre ossitalaniche mostrano un orientamento apicoronale; alcune di esse (freccie) si inseriscono nel cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC). Molte di queste fibre sono visibili attorno ai vasi sanguigni (BV). D (*Dentin*), dentina.

lamente alla radice; alcune di esse si ripiegano verso il cemento, dove prendono attacco. Molte fibre ossitalaniche sono visibili attorno ai vasi sanguigni nel legamento parodontale. Queste fibre possono avere una funzione di meccanotrasduzione tra la radice del dente e il legamento parodontale.

Cemento acellulare afibrillare

Il cemento acellulare afibrillare (AAC) prevale a livello della giunzione smalto-cemento (Fig. 1.67 a); ricopre piccole porzioni dello smalto cervicale e non contiene cellule né fibre collagene. Può formarsi in macchie isolate sullo smalto o essere contiguo con il cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC). L'AAC si può formare quando l'epitelio ridotto dello smalto recede o si disgrega focalmente in modo che la superficie esposta dello smalto venga in contatto con il tessuto connettivo circostante.

Visto al microscopio elettronico a trasmissione, il cemento acellulare afibrillare si estende dall'AEFC in direzione coronale (Fig. 1.67 b). L'aspetto stratificato del cemento acellulare afibrillare è indicativo dell'alternarsi di periodi di deposizione e di stasi. La funzione del cemento acellulare afibrillare non è attualmente chiara.

Cemento acellulare a fibre estrinseche

Il cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC) si forma in concomitanza della formazione della denti-

na radicolare. All'inizio dello sviluppo della radice, la guaina epiteliale di Hertwig, che delimita la pre-dentina neoformata, è frammentata. I cementoblasti allora iniziano a sintetizzare fibre collagene che si inseriscono perpendicolarmente alla superficie. Durante la continua formazione di cemento acellulare a fibre estrinseche, alcune parti di queste brevi fibre collagene adiacenti alla radice si inseriscono nel tessuto mineralizzato.

La figura 1.68 mostra la progressione della mineralizzazione dell'AEFC. Si notano le brevi fibre collagene che assomigliano a frange e che costituiscono le future fibre di Sharpey, che protrudono dalla superficie della dentina verso il legamento parodontale (Fig. 1.68 a). Tuttavia, non è ancora visibile uno strato di cemento. Successivamente, comunque, si distingue uno strato di cemento mineralizzato in cui le basi delle brevi fibre collagene sono incorporate nelle fibre di Sharpey (Fig. 1.68 b). Quando il dente si avvicina al piano oclusale, le brevi fibre collagene si allungano e infine si uniscono alle fibre collagene che si protrudono dall'osso al PDL (Fig. 1.68 c; cfr. Fig. 1.61).

Queste micrografie mostrano che le fibre di Sharpey del cemento sono una diretta continuazione delle fibre principali del legamento parodontale e del tessuto connettivo sopralveolare. Il cemento acellulare a fibre estrinseche cresce per tutta la vita a velocità molto bassa, circa 1,5-4,0 $\mu\text{m}/\text{anno}$. Sulle superfici mesiali della radice, la crescita è più lenta rispetto a quella delle superfici distali, fenomeno correlato all'orientamento mesiale del dente.

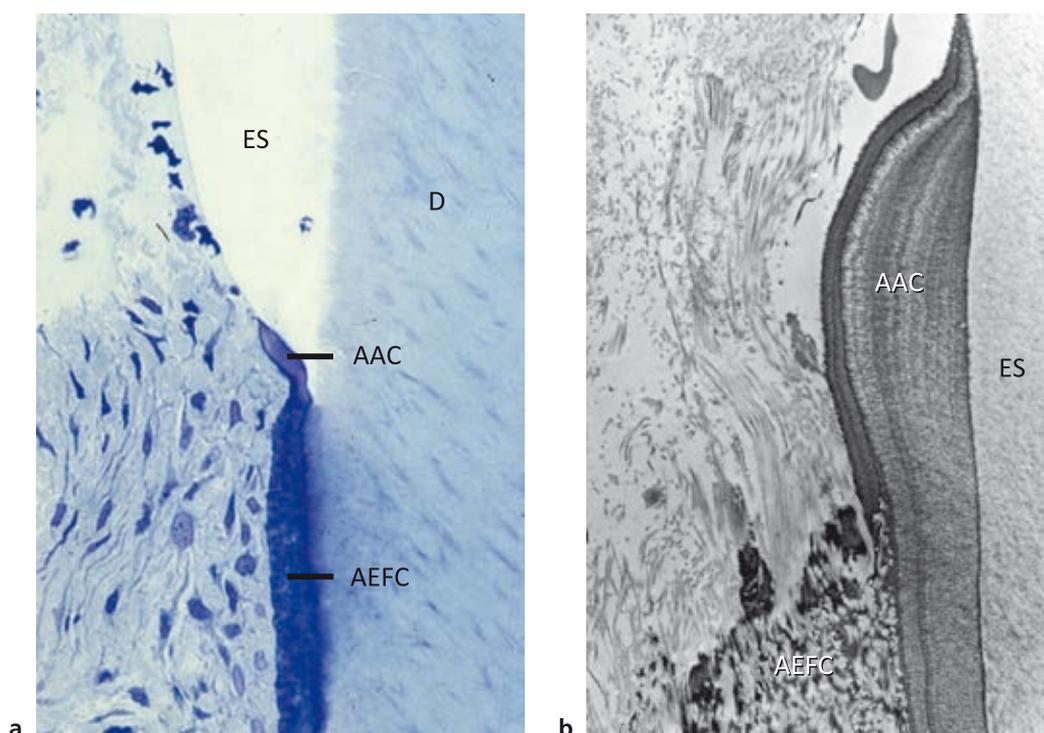


Fig. 1.67 Immagini al microscopio ottico (a) ed elettronico a trasmissione (b) della morfologia del cemento acellulare afibrillare (AAC) che prevale nella regione della giunzione smalto-cemento. Il materiale moderatamente elettron-denso a livello dello smalto (ES), adiacente all'ACC, rappresenta un residuo di matrice dello smalto. AEFC (*Acellular Extrinsic Fiber Cementum*), cemento acellulare a fibre estrinseche; D (*Dentin*), dentina.

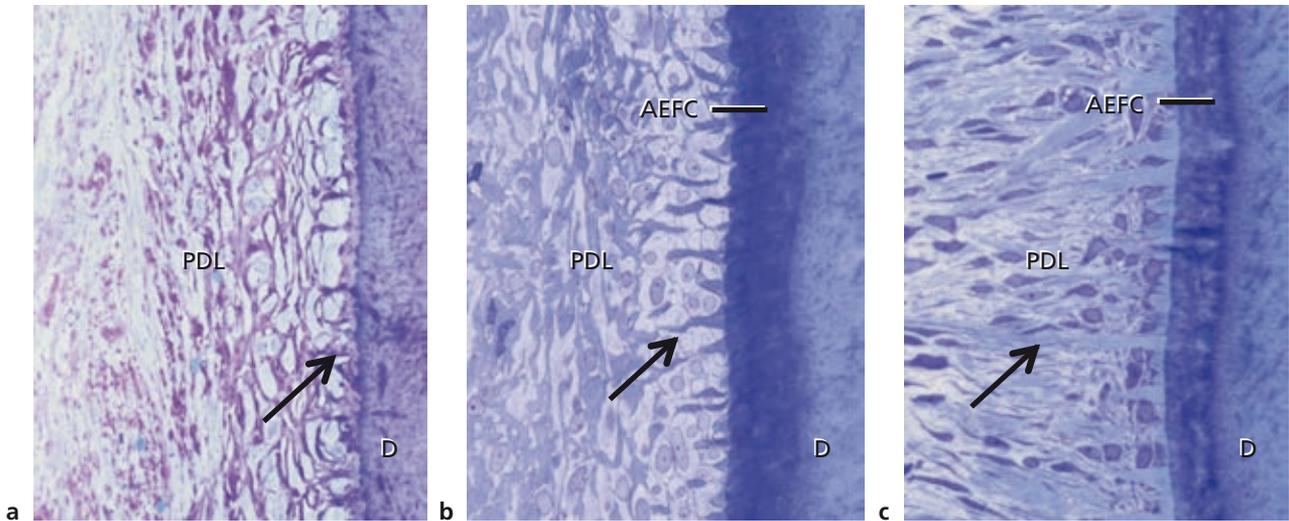


Fig. 1.68 Queste fotomicrografie illustrano gli stadi di sviluppo del cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC). **a**, Brevi fibre collagene (freccia), le future fibre di Sharpey, protrudono dalla superficie della dentina (D) verso il legamento parodontale (PDL) prima che uno strato di cemento sia visibile. **b**, Successivamente le basi delle brevi fibre collagene (freccia) sono incorporate nel cemento mineralizzato. **c**, La maggior parte delle fibre collagene è ora allungata (freccia) e si estende nello spazio del legamento parodontale.

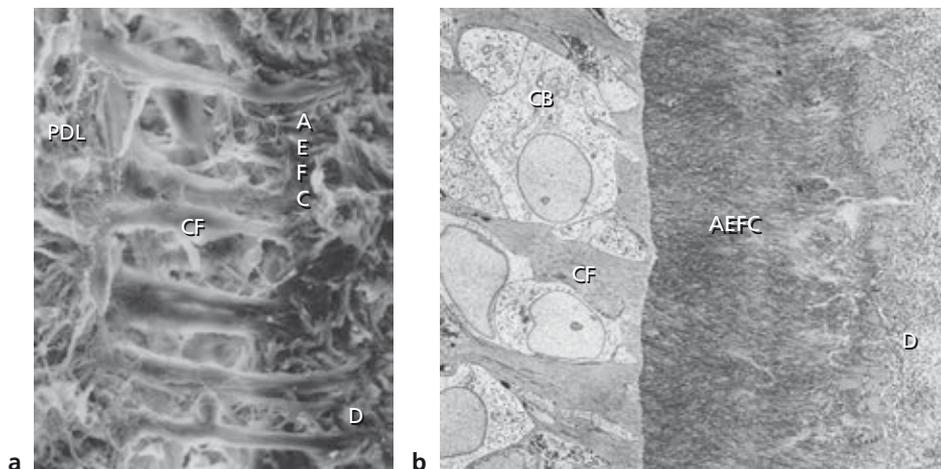


Fig. 1.69 Immagini al microscopio a scansione (a) ed elettronico a trasmissione (b) che mostrano il cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC). Fibre collagene (CF), che partono dallo strato di cemento al fronte di mineralizzazione, continuano nello spazio del legamento parodontale (PDL). I cementoblasti (CB) occupano gli spazi tra le fibre collagene che protrudono. **a**, Campione di superficie fratturata non decalcificata. **b**, Sezione ultrafine di un campione decalcificato. D (*Dentina*), dentina.

Una micrografia elettronica a scansione della superficie fratturata non decalcificata del cemento acellulare a fibre estrinseche mostra che le fibre estrinseche si attaccano alla dentina, attraversano lo strato di cemento mineralizzato come fibre di Sharpey e lo lasciano come fibre collagene principali del legamento parodontale (Fig. 1.69 a). Come si nota da una sezione tissutale ultrafine, le fibre di Sharpey (cioè le fibre collagene estrinseche del cemento acellulare a fibre estrinseche) passano dalla superficie della dentina attraverso lo strato di cemento mineralizzato e continuano al di fuori del cemento come fibre collagene principali (CF) nel legamento parodontale (Fig. 1.69 b). Un ingrandimento maggiore mostra come le fibre di Sharpey lasciano il cemento al fronte di mineralizzazione e continuano come fibre principali del lega-

mento parodontale (Fig. 1.70 a). I cementoblasti occupano lo spazio tra le fibrille collagene strettamente impaccettate. Le caratteristiche bande incrociate delle fibrille collagene sono nascoste nel cemento a causa della presenza di proteine non collageniche. La mineralizzazione avviene per deposizione di cristalli di idrossiapatite, dapprima all'interno delle fibrille collagene, quindi sulla superficie delle fibre e infine nella matrice interfibrillare. L'immunomarcatura ad alta risoluzione dell'AEFC al fronte di mineralizzazione mostra la distribuzione della sialoproteina ossea, una proteina non collagenica che ha un ruolo nella regolazione della mineralizzazione dei tessuti duri a base di collagene (Fig. 1.70 b). Particelle d'oro marcano la matrice interfibrillare del cemento mineralizzato, mentre le fibrille collagene esposte che la-

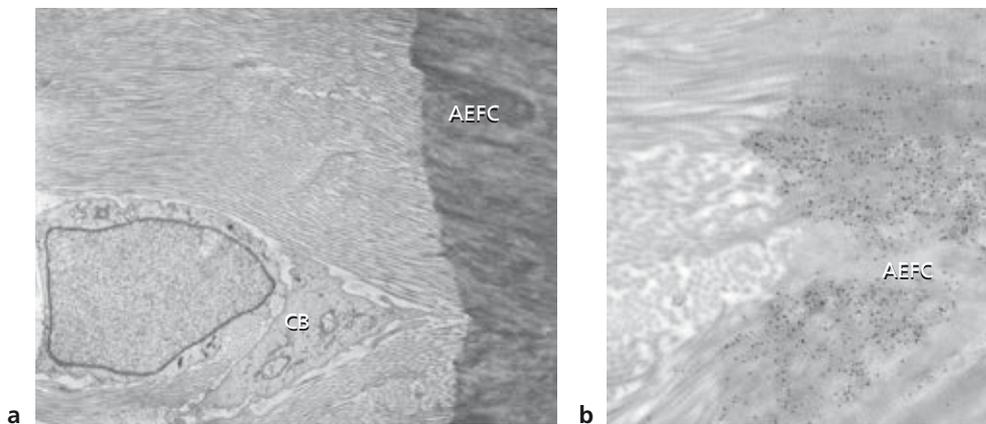


Fig. 1.70 Micrografia a trasmissione elettronica del cemento acellulare a fibre estrinseche (AEFC) al fronte di mineralizzazione. **a**, Le fibre di Sharpey lasciano il cemento al fronte di mineralizzazione e continuano come fibre principali del legamento parodontale. I cementoblasti (CB) occupano lo spazio tra le fibrille collagene strettamente addensate. **b**, L'immunomarcatura ad alta risoluzione con particelle d'oro per la sialoproteina ossea mostra (puntini neri) che questa proteina non collagenica è principalmente presente nella matrice interfibrillare del cemento.

sciano il cemento e si estendono nello spazio del legamento parodontale non sono marcate.

Cemento cellulare a stratificazione mista

A differenza del cemento acellulare a fibre estrinseche, il cemento cellulare a fibre intrinseche (*Cellular Mixed Stratified Cementum*, CMSC) contiene cellule e fibre intrinseche; è costituito da strati alternati di AEFC e CIFIC (Fig. 1.71 a). Mentre le fibre di Sharpey estrinseche attraversano lo strato di cemento per lasciarlo al fronte di mineralizzazione, le fibre intrinseche risiedono completamente all'interno del cemento. Le cellule incorporate nel cemento sono dette *cementociti*. Il cemento cellulare stratificato misto è de-

posto durante tutto il periodo funzionale del dente; la stratificazione è di solito irregolare. Il cemento cellulare stratificato misto si trova sulla superficie della porzione mediana e apicale della radice e a livello delle forcazioni. Si ispessisce maggiormente nella parte apicale della radice rispetto a quella cervicale; nella porzione apicale della radice il cemento è spesso 150-250 μm o anche di più. Il cemento contiene di frequente linee incrementali, che indicano un'alternanza di periodi di formazione e di stasi.

Cemento cellulare a fibre intrinseche

Questo tipo di cemento può essere sia parte del CMSC sia trovarsi da solo sulla superficie della radi-

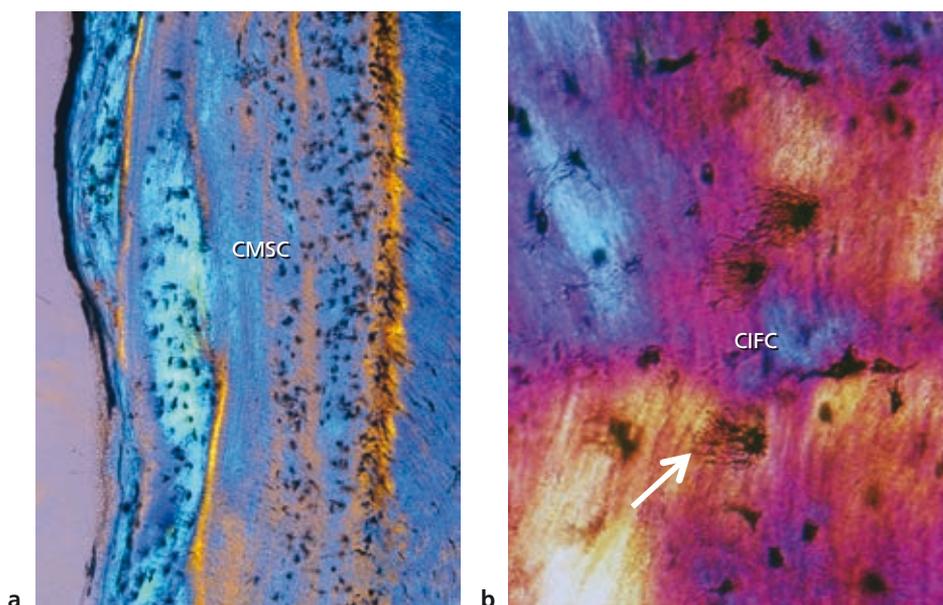


Fig. 1.71 Sezioni levigate viste alla luce polarizzata che mostrano (a) il cemento cellulare stratificato misto (CMSC) e (b) il cemento cellulare a fibre intrinseche (CIFIC). Le cellule scure sono cementociti che risiedono in lacune nel CIFIC. La freccia indica i processi citoplasmatici.

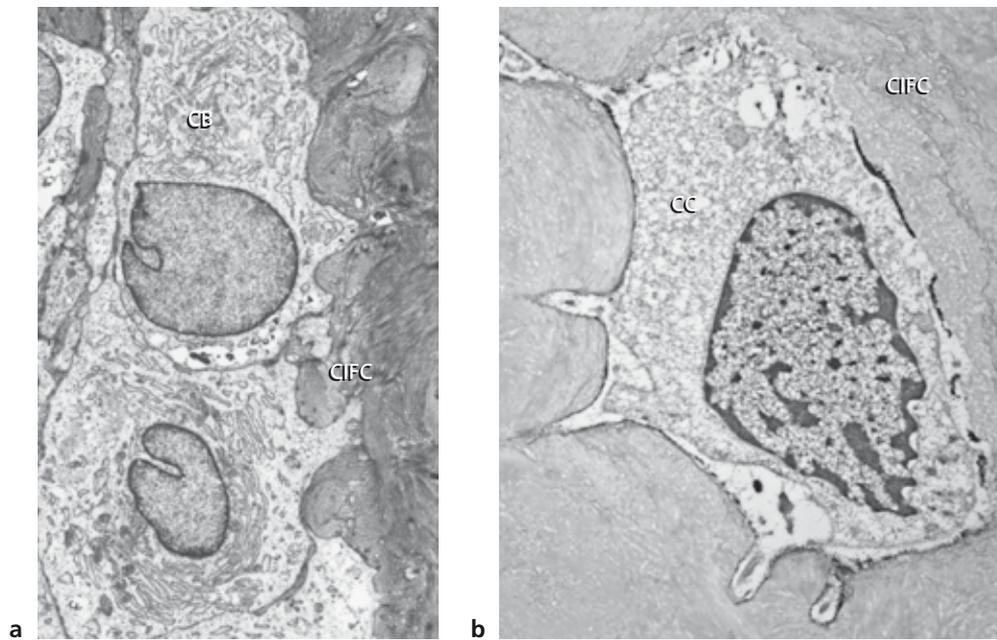


Fig. 1.72 Immagini al microscopio elettronico a trasmissione che illustrano (a) la superficie del cemento cellulare a fibre intrinseche (CIFC) ricoperta da cementoblasti (CB) e (b) un cementocito nella sua lacuna circondato da matrice mineralizzata.

ce che va incontro a cicatrizzazione dopo riassorbimento radicolare. I cementociti sono numerosi e risiedono in lacune nella matrice mineralizzata (Fig. 1.71 b). I cementociti comunicano tra loro attraverso una rete di processi citoplasmatici che decorrono nel cemento attraverso canalicoli. Molti processi cellulari si dirigono verso la superficie del cemento. I cementociti comunicano anche con i cementoblasti in superficie, mediante processi citoplasmatici. La presenza dei cementociti consente il trasporto di nutrienti e prodotti di rifiuto attraverso il cemento e contribuisce a mantenere la vitalità di questo tessuto mineralizzato.

Il cementoide, matrice di cemento non ancora mineralizzata, è delimitato da cementoblasti (CB), cellule larghe, cuboidali, con un nucleo rotondo ricco di eucromatina. L'abbondanza di reticolo endoplasmatico rugoso indica che queste cellule sono molto attive e producono proteine secrete nello spazio extracellulare. Essi elaborano uno strato cementoide composto da matrice collagenica che in seguito mineralizza. Generalmente il cemento acellulare a fibre estrinseche è più mineralizzato del cemento cellulare misto stratificato e del cemento cellulare a fibre intrinseche. A volte solo la periferia delle fibre di Sharpey del CMSC è mineralizzata, lasciando un nucleo non mineralizzato all'interno delle fibre.

I cementociti sono cementoblasti rimasti intrappolati nella matrice di cemento: essi sono presenti all'interno di lacune dalle quali alcuni canalicoli attraverso la matrice di cemento comunicano con cementociti adiacenti (Fig. 1.72). Le lacune dei cementociti nelle porzioni profonde del cemento spesso appaiono vuote, probabilmente a causa del superamento della distanza critica per lo scambio dei metaboliti.

Osso del processo alveolare

Anatomia macroscopica

Il processo alveolare è la porzione dell'osso mascellare e della mandibola che forma e sostiene gli alveoli dei denti. Si estende dall'osso basale e si sviluppa in concomitanza con la formazione e l'eruzione dei denti (cfr. Fig. 1.60). Il processo alveolare è costituito da osso formato sia da cellule provenienti dal follicolo dentale (che producono osso alveolare proprio) sia da cellule indipendenti dal follicolo (che producono osso alveolare). Insieme al cemento radicolare e al legamento parodontale, l'osso alveolare proprio costituisce l'apparato di attacco dei denti, la cui principale funzione è quella di distribuire le forze generate, per esempio, nel corso della masticazione o di altri contatti fra i denti.

In una sezione trasversale del processo alveolare (*pars alveolaris*) delle ossa mascellari a livello circa della metà della lunghezza delle radici, si nota che l'osso che copre le superfici radicolari è considerevolmente più spesso sul versante palatale rispetto a quello vestibolare (Fig. 1.73). Dal punto di vista anatomico le pareti degli alveoli (osso alveolare proprio, frecce) così come le pareti esterne del processo alveolare sono rivestite da *osso compatto (corticale)*, mentre l'area compresa tra le pareti di osso compatto è occupata da *osso spugnoso*. Questo occupa la maggior parte dei setti interdentali ma solo una porzione relativamente piccola delle pareti ossee vestibolari e palatali. L'osso spugnoso contiene *trabecole ossee* la cui architettura e la cui grandezza sono principalmente determinate geneticamente, mentre solo in parte sono il risultato delle forze a cui i denti sono sottoposti durante la loro funzione. È da notare come lo spessore

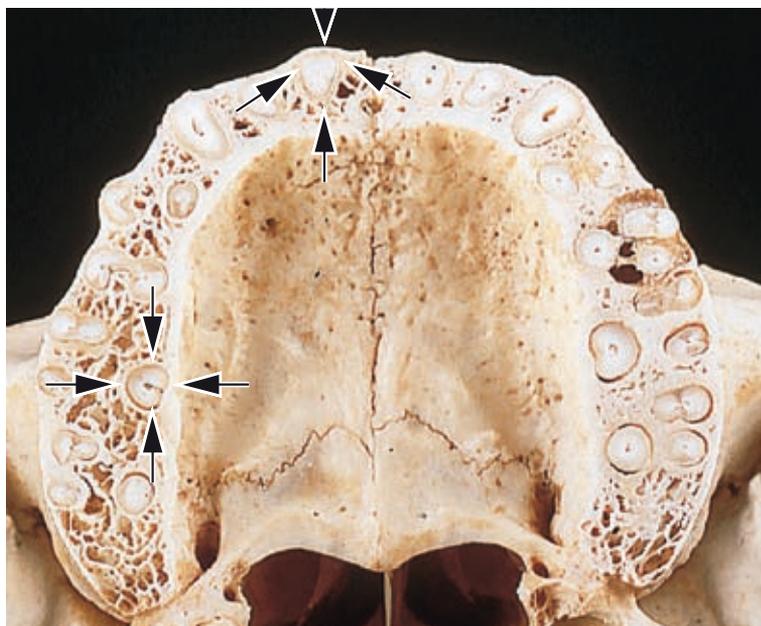


Fig. 1.73 Sezione trasversale dei processi alveolari (*pars alveolaris*) delle ossa mascellari a livello della metà della lunghezza delle radici. Le frecce indicano le pareti degli alveoli, cioè l'osso alveolare proprio.

osseo delle superfici vestibolare e palatale del processo alveolare vari da una regione all'altra.

Nella mandibola, l'osso che riveste la parete degli alveoli (osso alveolare proprio) è spesso in continuità con l'osso compatto, o corticale, della superficie lin-

guae e di quella vestibolare del processo alveolare (Fig. 1.74). È da notare come lo spessore dell'osso a livello delle superfici vestibolare e linguale del processo alveolare vari da una regione all'altra. Nella regione dei denti incisivi e in quella dei premolari l'osso com-

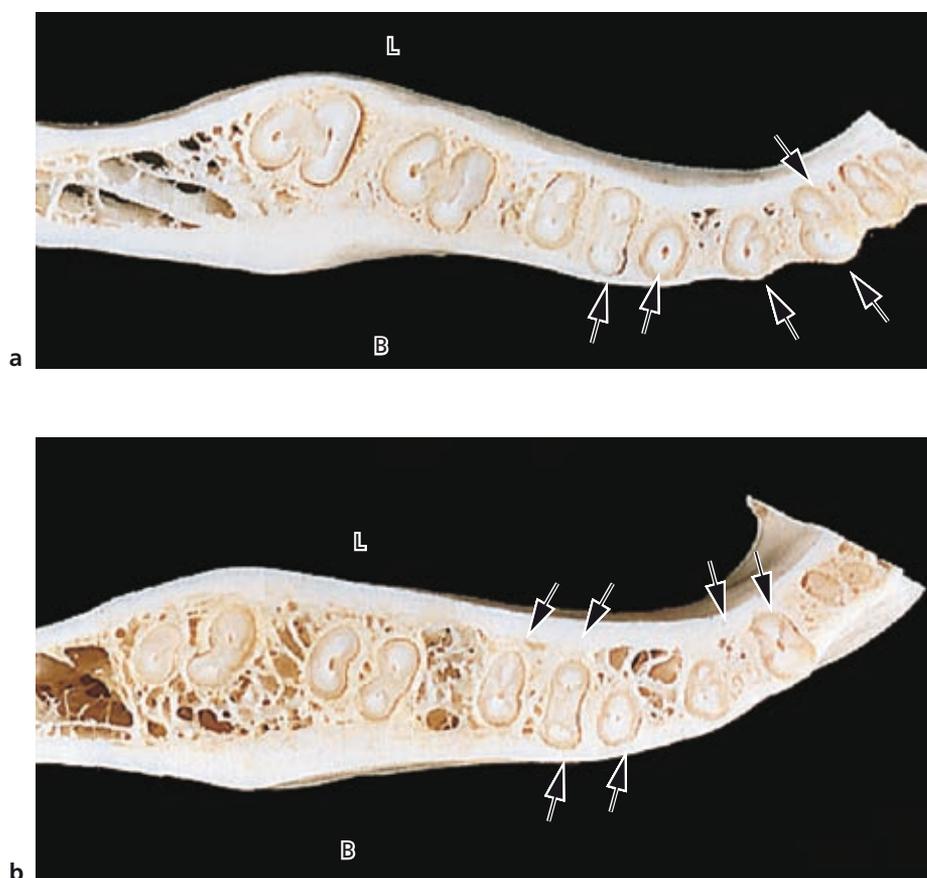


Fig. 1.74 Sezioni trasversali dei processi alveolari mandibolari a livello del terzo coronale (a) e del terzo apicale (b) delle radici. Le frecce indicano l'osso del processo alveolare. B (*Buccal*), vestibolare; L (*Lingual*), linguale.

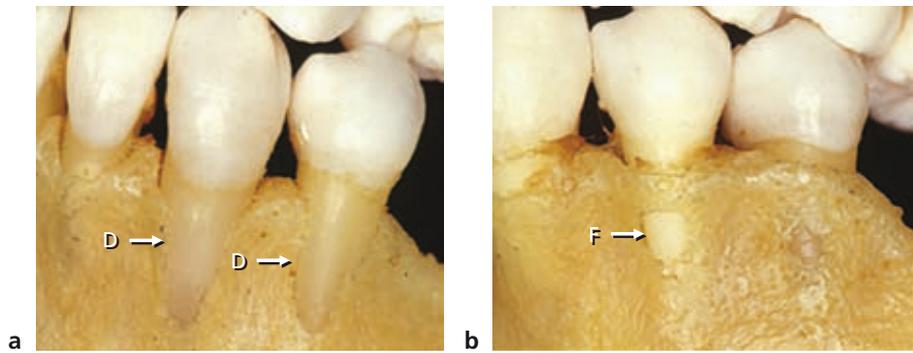


Fig. 1.75 Aspetto vestibolare delle mandibole. Il rivestimento osseo delle radici è talvolta estremamente sottile o del tutto assente. **a**, Una deiscenza (D) è un'area senza copertura ossea nella porzione coronale della radice. **b**, Se invece l'osso è presente nella porzione più coronale di tale area e il difetto è localizzato apicalmente, si parla di fenestrazione (F).



Fig. 1.76 Sezioni verticali condotte attraverso varie zone della dentizione mandibolare. La parete ossea a livello delle superfici vestibolare (B) e linguale (L) dei denti presenta una notevole diversità di spessore. Le frecce indicano un aspetto "a mensola" del processo osseo sulla faccia vestibolare del secondo e del terzo dente molare.

patto posto a livello della superficie vestibolare dei denti è molto più sottile di quello situato a livello della superficie linguale dei denti. Nella regione dei denti molari, invece, lo spessore dell'osso compatto è maggiore a livello della superficie vestibolare rispetto a quella linguale.

Sulla superficie vestibolare del mascellare e particolarmente nella regione frontale, in corrispondenza della porzione coronale della radice, il rivestimento osseo talvolta è estremamente sottile o del tutto assente (Fig. 1.75). Un'area priva di copertura ossea nella porzione marginale della radice è chiamata *deiscenza*. Se invece l'osso è presente nella porzione più coronale di tale area, e il difetto è localizzato apicalmente, si parla di *fenestrazione*. Questi difetti si verificano spesso quando un dente è situato al di fuori dell'arcata e più frequentemente sono a carico dei denti anteriori rispetto a quelli posteriori. In tali difetti la radice è coperta solamente da un attacco di tessuto connettivo e dalla gengiva sovrastante.

Sezioni verticali condotte attraverso varie zone della dentizione mandibolare mostrano che la parete ossea a livello delle superfici vestibolare e linguale dei denti presenta una notevole diversità di spessore, per esempio fra la regione premolare e quella molare

(Fig. 1.76). È da osservare, per esempio, come la presenza della *linea obliqua* conferisca al processo osseo, sulla faccia vestibolare del secondo e del terzo dente molare, un aspetto a "mensola".

Anatomia microscopica

Una sezione condotta attraverso il setto interprossimale tra due premolari mostra che l'osso alveolare proprio compatto è adiacente al legamento parodontale dei due denti, mentre l'osso trabecolare occupa l'area tra le pareti di osso alveolare proprio (Fig. 1.77). L'osso mineralizzato nella forcazione, così come nel setto, è costituito da osso lamellare (lamelle circolari, osteoni a lamelle concentriche e lamelle interstiziali), mentre il midollo osseo contiene adipociti e strutture vascolari (Fig. 1.78).

L'osso mineralizzato adiacente al legamento parodontale, ABP o osso fascicolato (*bundle bone*), presenta una larghezza variabile tra 250 e 500 μm (Fig. 1.79). Come detto in precedenza, l'osso alveolare proprio, insieme al legamento parodontale e al cemento, è responsabile dell'attacco tra dente e scheletro. L'osso alveolare proprio è costituito da osso lamellare che comprende lamelle circolari e nell'immagine,

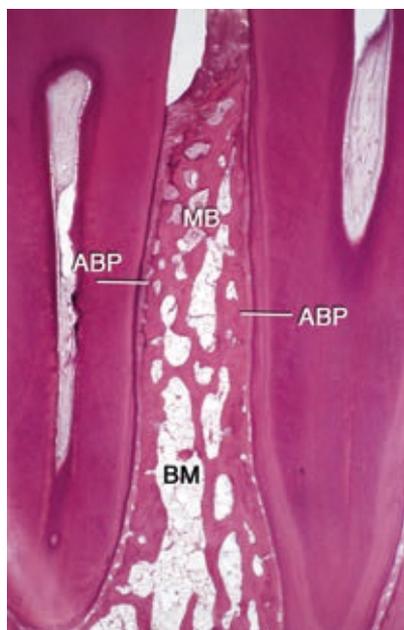


Fig. 1.77 Sezione istologica dell'osso a livello del setto interprossimale tra due premolari. L'osso alveolare proprio (ABP) è adiacente al legamento parodontale dei due denti. BM (*Bone Marrow*), midollo osseo; MB (*Mineralized matrix of cancellous Bone*), matrice mineralizzata dell'osso spugnoso.

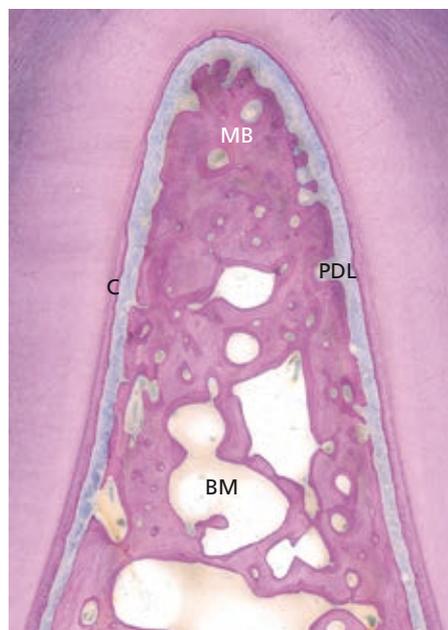


Fig. 1.78 Sezione istologica del tessuto osseo nell'area di forcazione di un molare mandibolare. BM (*Bone Marrow*), midollo osseo; C (*root Cementum*), cemento radicolare; MB (*Mineralized Bone*), osso mineralizzato; PDL (*PerioDontal Ligament*), legamento parodontale.

che si riferisce a una forcazione, è indicato da frecce bianche. L'osso alveolare (AB), al contrario dell'osso alveolare proprio, è un tessuto di origine mesenchimale e non si considera parte integrante dell'apparato di attacco vero e proprio. Sia l'osso alveolare sia l'osso alveolare proprio possono andare incontro a modifiche adattative che rappresentano il risultato di richieste funzionali alterate.

La figura 1.80 mostra la composizione del tessuto duro nell'area di forcazione. L'osso lamellare include tre osteoni scuri con un vaso sanguigno nel canale di Havers (HC) localizzato centralmente. Una lamella interstiziale è localizzata tra gli osteoni e rappresenta un osteone vecchio e parzialmente rimodellato. L'osso alveolare proprio delimita le lamelle ed è raffigurato da linee scure in cui si inseriscono le fibre di Sharpey (*Sharpey's Fibers, SF*).

Gli osteoni costituiscono i "mattoni" dell'osso lamellare (Fig. 1.81). Al centro di un osteone è contenuto un vaso sanguigno disposto in un canale di Havers (*Haversian canal, HC*). Lo spazio tra i vari osteoni è riempito dalle cosiddette lamelle interstiziali, residui di osteoni più vecchi. Poiché gli osteoni non sono solo unità strutturali, ma anche metaboliche, il nutrimento delle cellule ossee è assicurato dai vasi sanguigni posti nei canali haversiani e dalle anastomosi che decorrono nei canali di Volkmann.

La regione di confine tra l'osso alveolare proprio (il *bundle bone*) e l'osso alveolare, sottolinea le caratteristiche tipiche dei due tipi di osso (Fig. 1.82). L'osso alveolare è di tipo lamellare e contiene gli osteoni che comprendono un canale di Havers e vasi sanguigni al centro di ogni osteone. Al contrario, l'osso alveolare proprio non è costituito da osteoni: contiene fibre di

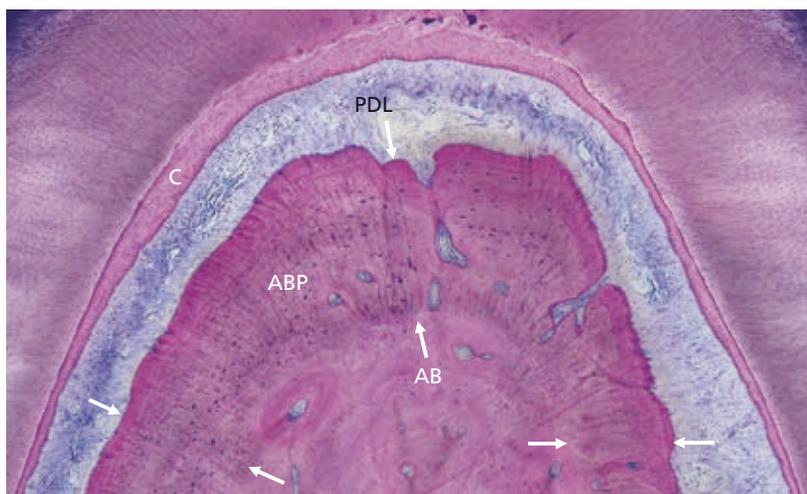


Fig. 1.79 Sezione istologica dell'area di forcazione che mostra l'osso alveolare proprio (ABP) o osso fascicolato (tra le frecce). AB (*Alveolar Bone proper*), osso alveolare proprio; C (*root Cementum*), cemento radicolare; PDL (*PerioDontal Ligament*), legamento parodontale.

Fig. 1.80 Composizione del tessuto duro dell'area di forcazione della figura 1.79. Da notare che le fibre di Sharpey si inseriscono nell'osso alveolare proprio (ABP, frecce) e il pacchetto degli osteoni nell'osso alveolare (AB). C (Cementum), cemento; D (Dentin), dentina; PDL (PerioDontal Ligament), legamento parodontale; *, lamelle circolari; **, lamelle interstiziali.

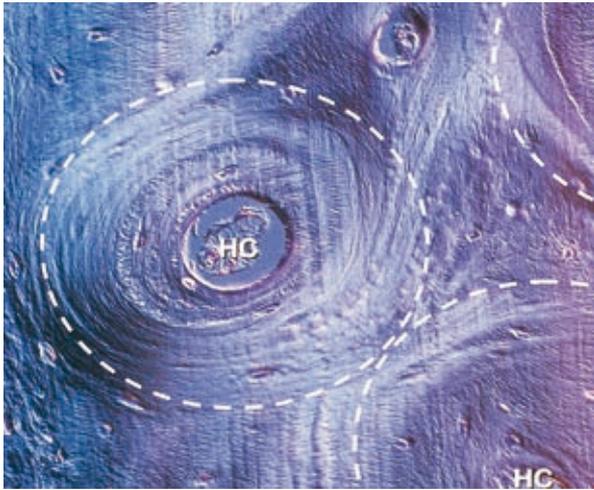
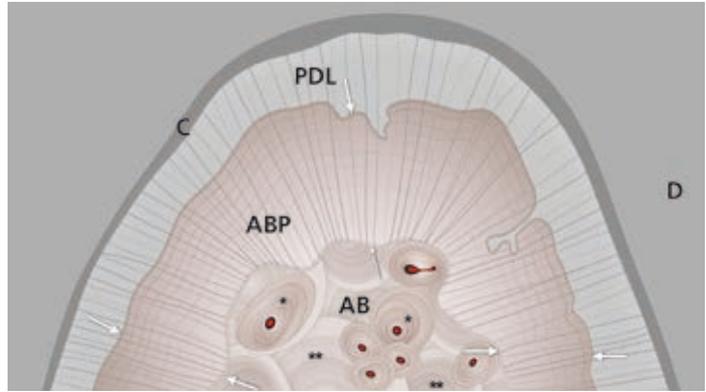


Fig. 1.81 Sezione istologica che mostra una porzione di osso lamellare che contiene gli osteoni (cerchi bianchi tratteggiati). Ciascun osteone contiene, al centro, un canale di Havers (HC).

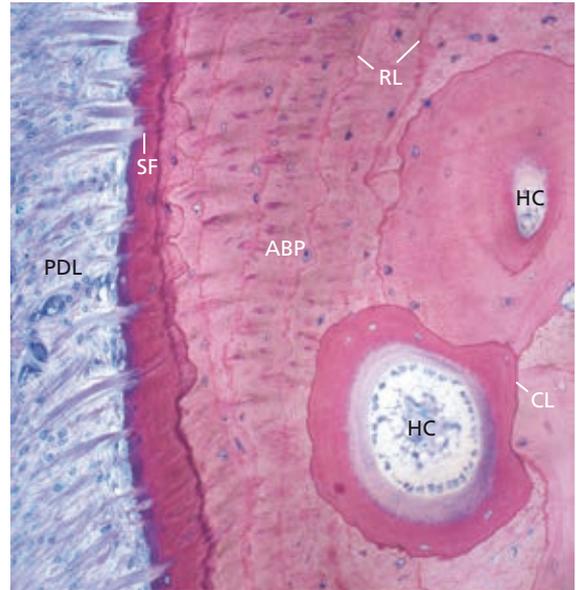


Fig. 1.82 Micrografia che mostra il confine tra l'osso alveolare proprio (ABP) o osso fascicolato, e l'osso alveolare che include un osteone vecchio e uno nuovo. Al centro degli osteoni si trova un canale di Havers (HC). L'osso alveolare proprio contiene fibre di Sharpey (SF, strie) che si estendono in direzione laterale nel legamento parodontale (PDL). CL (Cement Line), linea del cemento; RL (Reversal Line), linee di inversione.

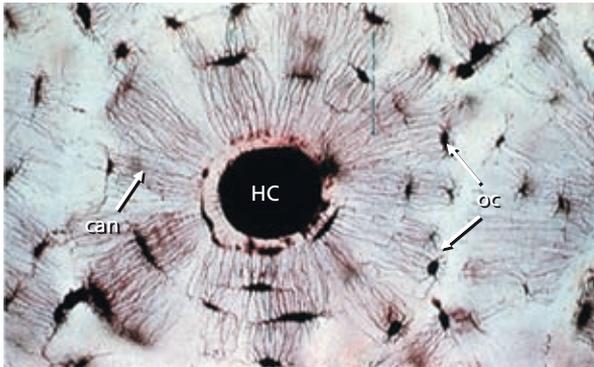


Fig. 1.83 Sezione istologica che mostra molti osteociti (OC) disposti nelle lacune osteocitarie dell'osso lamellare. Gli osteociti sono in connessione attraverso canalicoli (CAN) che contengono le proiezioni citoplasmatiche degli osteociti. HC (Haversian Canal), canale di Havers.

Sharpey, linee di arresto e molti osteociti ma non vasi sanguigni; l'osteone contiene inoltre molti osteociti disposti nelle lacune osteocitarie dell'osso lamellare. Gli osteociti sono in connessione attraverso canalicoli (can) che contengono le proiezioni citoplasmatiche degli osteociti (Fig. 1.83). I canalicoli connettono anche gli osteociti periferici con gli osteoblasti posti sulla superficie ossea (Fig. 1.84).

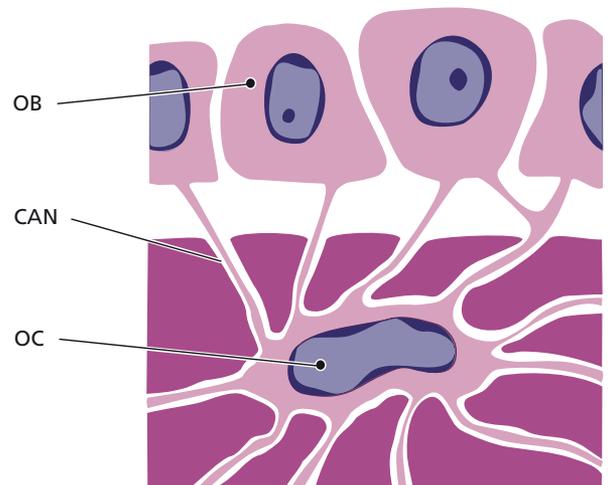


Fig. 1.84 Gli osteociti (OC), situati nelle lacune della matrice ossea mineralizzata, comunicano tramite canalicoli (CAN) con gli osteoblasti (OB) posti sulla superficie ossea.

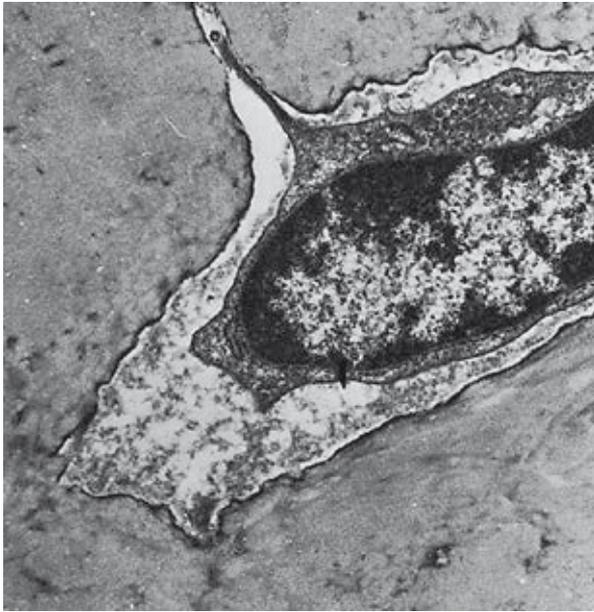


Fig. 1.85 Immagine al microscopio elettronico a trasmissione di un osteocita situato nella propria lacuna circondata da matrice ossea mineralizzata.

Gli osteociti possiedono molti processi citoplasmatici che si irradiano in varie direzioni (Fig. 1.85) e che comunicano tra di loro (Fig. 1.86) e con gli osteoblasti o con le cellule ossee di rivestimento sulla superficie ossea (cfr. Fig. 1.84) mediante lunghi e delicati processi citoplasmatici situati nei canalicoli. Il sistema canalicolare-lacunare risultante è essenziale per il metabolismo cellulare poiché permette la diffusione di nutrienti e prodotti di rifiuto. La superficie fra gli osteociti, con i loro processi citoplasmatici da una parte e la matrice mineralizzata dall'altra, è molto ampia. È



Fig. 1.87 Sezione istologica dell'osso. Gli osteoblasti (freccie) sono schiacciati tra la matrice ossea e il periostio (P). La superficie interna dell'osso, che guarda il midollo osseo, è rivestita di endostio (E).

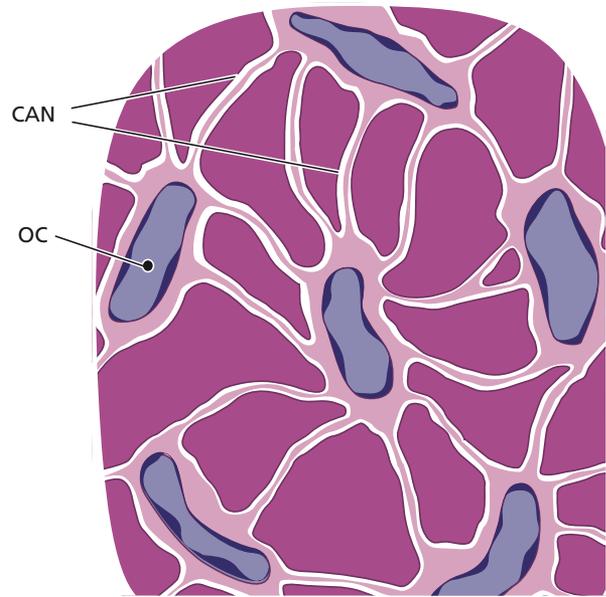


Fig. 1.86 Gli osteociti (OC) vicini, con i loro processi citoplasmatici, comunicano attraverso canalicoli (CAN) scavati nell'osso.

stato calcolato che l'interfaccia fra le cellule e la matrice in un cubo di osso di $10 \times 10 \times 10$ cm ammonta a circa 250 m^2 . Questa enorme superficie di scambio ha una funzione regolatoria, per esempio, sulle concentrazioni sieriche di calcio e di fosfato attraverso meccanismi di controllo ormonale.

Tutte le sedi di formazione ossea attiva contengono osteoblasti, che sono impacchettati tra la matrice ossea e il periostio (Fig. 1.87). Sulla "superficie interna" dell'osso, ossia negli spazi midollari, vi è l'endostio che presenta caratteristiche simili a quelle del periostio.

L'osso alveolare è continuamente rinnovato in risposta alle esigenze funzionali. I denti erompono e migrano in direzione mesiale per tutto l'arco della vita, al fine di compensare quanto perduto a causa dell'attrito. Tali movimenti dei denti implicano un rimodellamento dell'osso alveolare. Durante il processo di rimodellamento le trabecole ossee sono continuamente riassorbite e riformate e la massa di osso corticale è riassorbita e rimpiazzata da nuovo osso. La linea di inversione nella matrice ossea mineralizzata alimenta le fasi della formazione ossea e dell'inversione (Fig. 1.88). Durante il riassorbimento dell'osso corticale si formano canali di riassorbimento attraverso la proliferazione di osteoclasti; tali canali, che al loro centro contengono un vaso sanguigno, sono riempiti in seguito da nuovo osso attraverso la formazione di lamelle che si dispongono concentricamente intorno al vaso sanguigno.

Il riassorbimento osseo è sempre associato all'azione degli *osteoclasti* (Fig. 1.89), cellule grandi, multinucleate, specializzate nella distruzione della matrice e dei minerali; gli osteoclasti sono cellule emopoietiche (derivanti dai monociti nel midollo osseo). Il riassorbimento del tessuto duro avviene attraverso la libera-

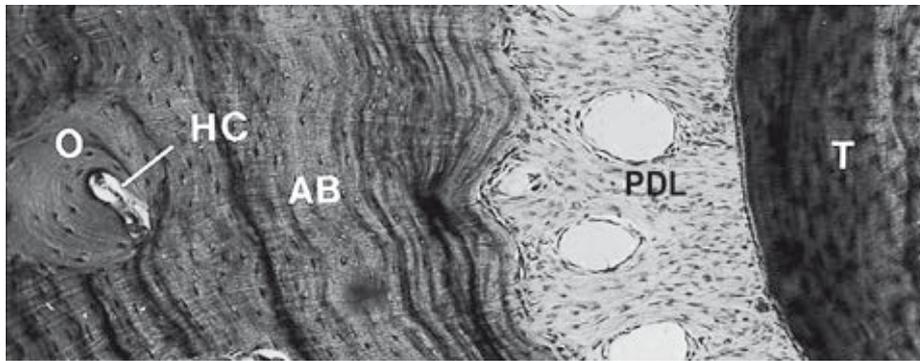


Fig. 1.88 Micrografia di una sezione orizzontale che mostra l'apparato di ancoraggio del dente che consiste nel dente (T), nel legamento parodontale (PDL) e nell'osso alveolare proprio (AB). Numerose linee di inversione nell'AB documentano fasi di formazione ossea attiva e di arresto. Un nuovo osteone (O), che presenta al centro un canale di Havers (HC), delimita il confine verso l'osso alveolare lamellare.

zione di sostanze acide (per esempio, acido lattico) che formano un ambiente acido in cui vengono sciolti i sali minerali del tessuto osseo. Le sostanze organiche rimanenti sono eliminate da enzimi proteolitici e dalla fagocitosi osteoclastica. Gli osteoclasti attivi nel processo di riassorbimento aderiscono alla superficie dell'osso mediante recettori e creano piccole cavità chiamate *lacune di Howship*. Gli osteoclasti sono mobili e in grado di migrare sulla superficie ossea.

Unità ossee pluricellulari sono sempre presenti nel tessuto osseo in fase attiva di rimodellamento (Fig. 1.90). L'unità ossea pluricellulare ha un fronte di riassorbimento caratterizzato dalla presenza di osteoclasti e un fronte di formazione caratterizzato dalla presenza di osteoblasti.

Sia l'osso alveolare compatto sia quello spugnoso sono in continuo rimodellamento (riassorbimento seguito da formazione di nuovo tessuto osseo) in risposta agli spostamenti dei denti e ai cambiamenti funzionali delle forze che agiscono sui denti. La figura 1.91 mostra la sequenza di rimodellamento. Il rimodellamento dell'osso trabecolare inizia con il riassorbimento della superficie ossea da parte degli osteoclasti (Fig. 1.91 a); dopo un breve periodo, gli osteoblasti iniziano a depositare nuovo osso (Fig. 1.91 b), formando, alla fine, una nuova unità pluricellulare, delimitata chiaramente da una linea di inversione (Fig. 1.91 c).

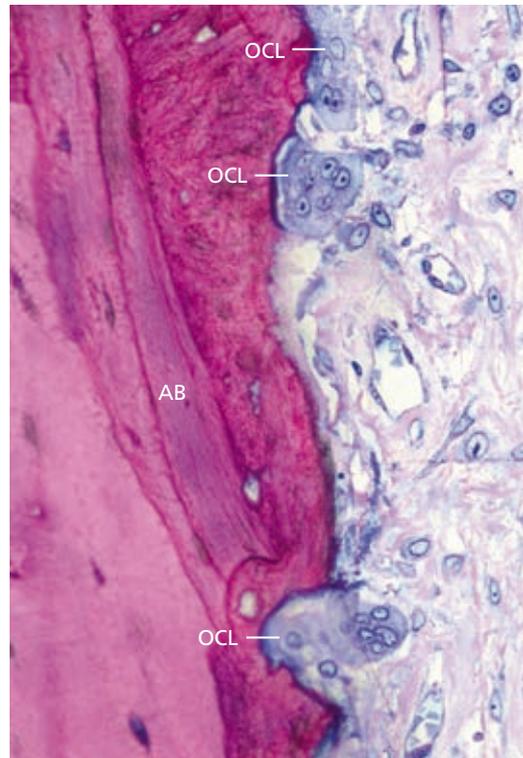
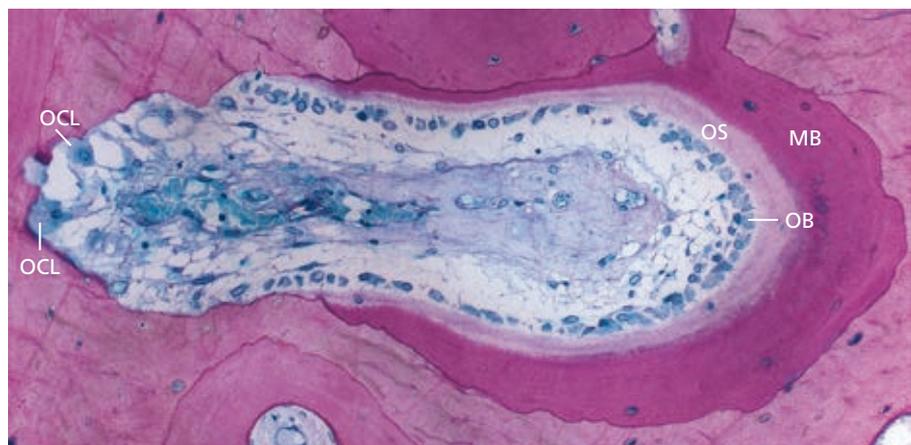


Fig. 1.89 Micrografia che mostra tre siti di riassorbimento rivestiti da osteoclasti (OCL) verso la superficie dell'osso alveolare (AB).

Fig. 1.90 Sezione istologica di un osso compatto che mostra un'unità ossea pluricellulare caratterizzata dalla presenza di osteoclasti (OCL) sul fronte di riassorbimento e di osteoblasti (OB) sul fronte di formazione. MB (*Mineralized Bone matrix*), matrice ossea mineralizzata; OS (*Osteoid*), osteoide.



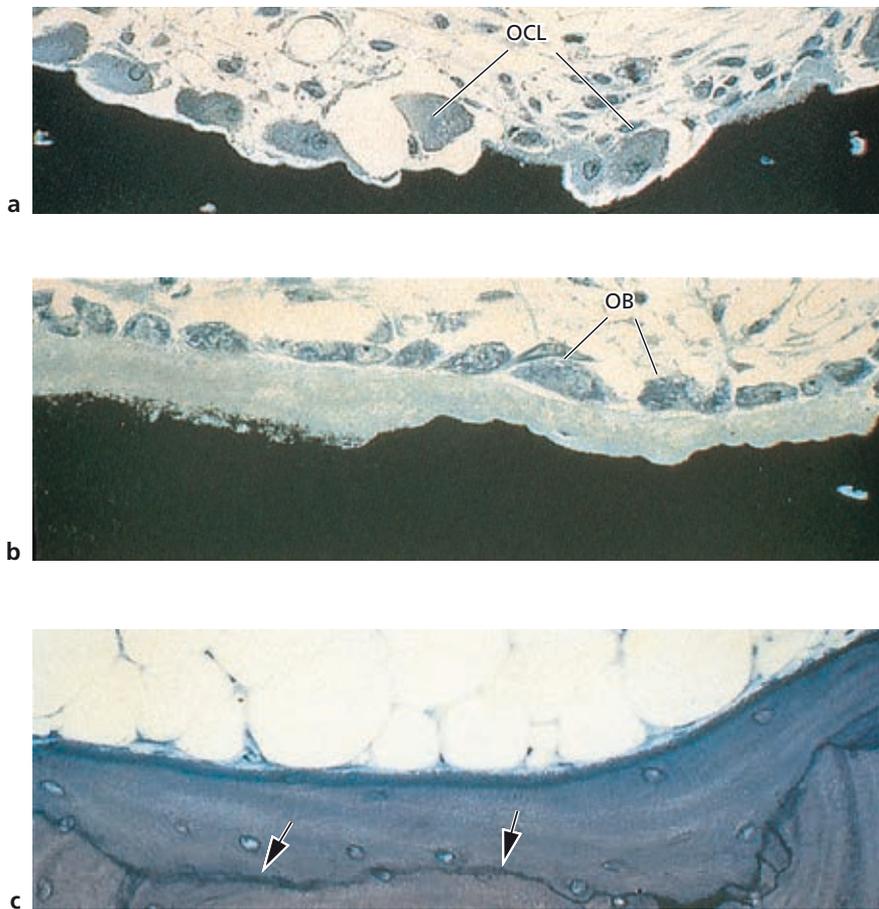


Fig. 1.91 Sezioni istologiche che mostrano la sequenza del rimodellamento osseo con (a) il riassorbimento osseo da parte degli osteoclasti (OCL), (b) la deposizione e la mineralizzazione della matrice ossea da parte degli osteoblasti (OB) e (c) l'inversione. La linea di inversione (linea del cemento) (freccie) delimita l'osso nuovo da quello vecchio.

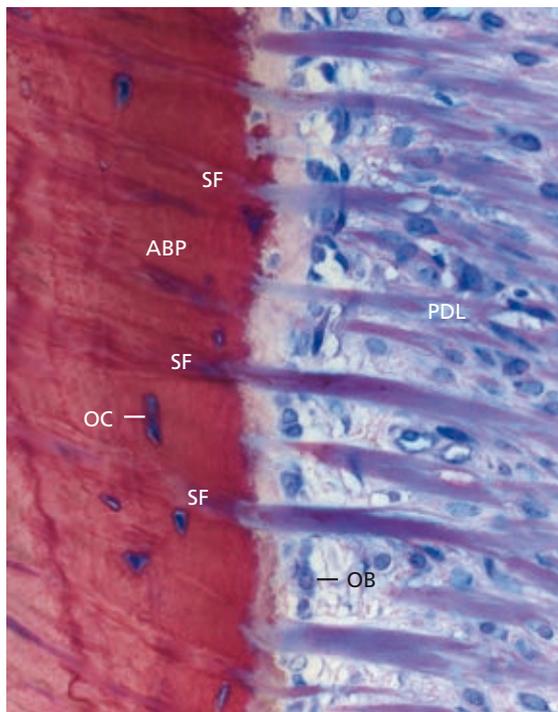


Fig. 1.92 Micrografia che mostra l'inserzione delle fibre del legamento parodontale (PDL) nell'osso alveolare proprio (ABP) o nell'osso fascicolato che riveste la parete dell'alveolo del dente. Le fibre di Sharpey (SF) attraversano l'osso fascicolato, gli osteoblasti (OB) rivestono la superficie ossea e gli osteociti (OC) sono presenti nelle loro lacune circondate da matrice ossea mineralizzata.

Le fibre collagene del legamento parodontale s'inseriscono nell'osso mineralizzato che riveste la parete dell'alveolo del dente (Fig. 1.92). Questo tipo di osso, chiamato osso alveolare proprio o osso fascicolato (BB), possiede un elevato *turnover*. Le porzioni di fibre collagene che si inseriscono nell'osso fascicolato sono le fibre di Sharpey (SF). Queste fibre sono mineralizzate alla loro periferia, ma spesso hanno un nucleo centrale non mineralizzato. I fasci di fibre collagene che si inseriscono nell'osso fascicolato hanno generalmente un diametro maggiore e sono meno numerosi dei corrispondenti fasci di fibre che si inseriscono nel cemento, dalla parte opposta del legamento parodontale. Alcuni singoli fasci di fibre possono essere seguiti per tutto il loro decorso dall'osso alveolare al cemento; tuttavia, nonostante si tratti dello stesso fascio di fibre, il collagene adiacente all'osso è sempre meno maturo di quello adiacente al cemento. Il collagene vicino al dente ha infatti un basso *turnover*; quindi, se il collagene adiacente all'osso è rinnovato relativamente in fretta, quello adiacente alla radice si rinnova invece lentamente o non si rinnova affatto.

Vascularizzazione del parodonto

L'apporto di sangue ai denti e ai tessuti parodontali è illustrato nella figura 1.93. L'*arteria dentale* (ad), che è un ramo dell'*arteria alveolare inferiore* (aai) o *superiore*, dà origine all'*arteria intrasettale* (ai) prima di entrare

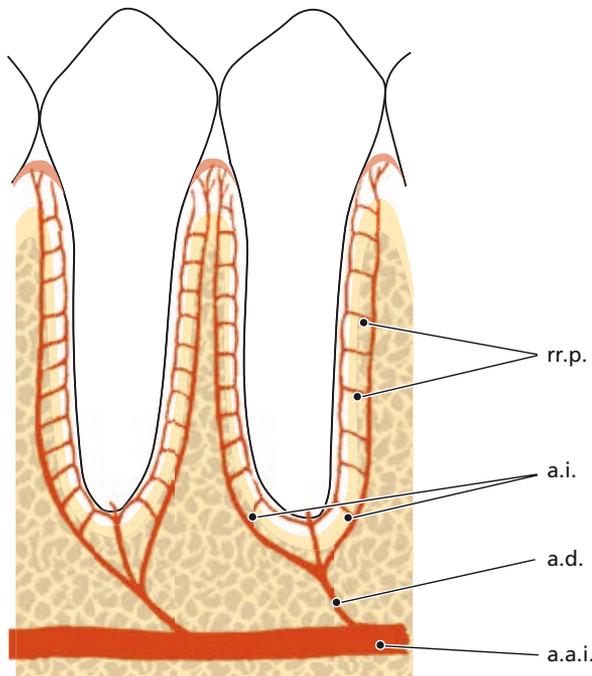


Fig. 1.93 Vascolarizzazione dei denti e dei tessuti parodontali. a.a.i., arteria alveolare superiore o inferiore; a.d., arteria dentale; a.i., arteria intrasettale; rr.p., rami terminali dell'arteria intrasettale.

nell'alveolo del dente. I rami terminali dell'arteria intrasettale (*rami perforantes*, rrp) penetrano nell'osso alveolare proprio attraverso canali presenti a ogni livello dell'alveolo (cfr. Fig. 1.77). Essi si anastomizzano, nello spazio del legamento parodontale, con i vasi sanguigni che originano dalla porzione apicale del legamento parodontale e con altri rami terminali dell'arteria intrasettale. L'arteria dentale, prima di entrare nel canale radicolare, dà origine ad altri rami che irrano la porzione apicale del legamento parodontale.

La gengiva è vascolarizzata principalmente dai vasi *soprapariostali* che sono rami terminali dell'arteria sublinguale (as), dell'arteria mentoniera (a.m.), dell'arteria vestibolare (ab), dell'arteria facciale (af), dell'arteria palatina maggiore (ap), dell'arteria infraorbitaria (ai) e dell'arteria dentale posteriore superiore (a.ap.) (Fig. 1.94).

L'arteria palatina maggiore, che è un ramo terminale dell'arteria palatina ascendente (che deriva dall'arteria mascellare o mascellare interna), decorre, attraverso il canale palatino maggiore, in direzione del palato (Fig. 1.95). Durante il suo tragitto frontale emette rami che irrano la gengiva e la mucosa masticatoria del palato. Si ritiene spesso che le varie arterie irrano alcune regioni ben definite della dentatura. In realtà, però, fra le varie arterie vi sono numerose anastomosi (Fig. 1.96). Quindi, l'intero sistema di vasi sanguigni, piuttosto che singoli gruppi di vasi, dovrebbe essere considerato come unità che fornisce sangue ai tessuti molli e duri del mascellare superiore e della mandibola.

È da notare che la gengiva vestibolare riceve sangue soprattutto dai vasi sanguigni *soprapariostali* (Fig. 1.97). Un altro campione evidenzia che i vasi sanguigni che originano dai vasi del legamento parodontale

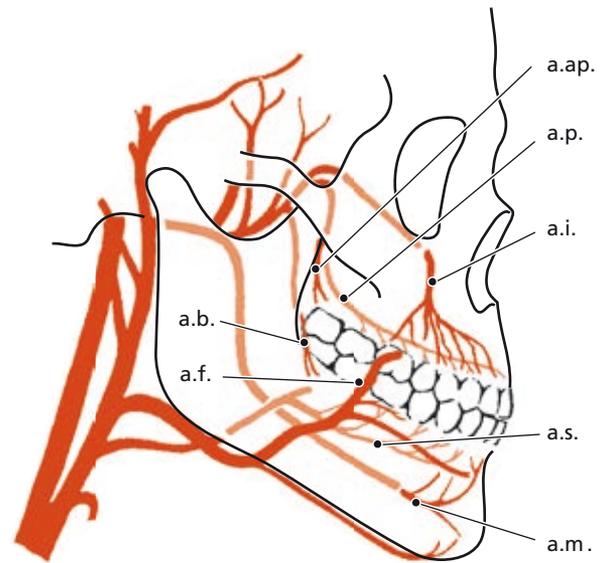


Fig. 1.94 Vascolarizzazione della gengiva. a.ap., arteria dentale posteriore superiore; a.b., arteria vestibolare; a.f., arteria facciale; a.i., arteria infraorbitaria; a.m., arteria mentoniera. a.p., arteria palatina maggiore; a.s., arteria sublinguale.

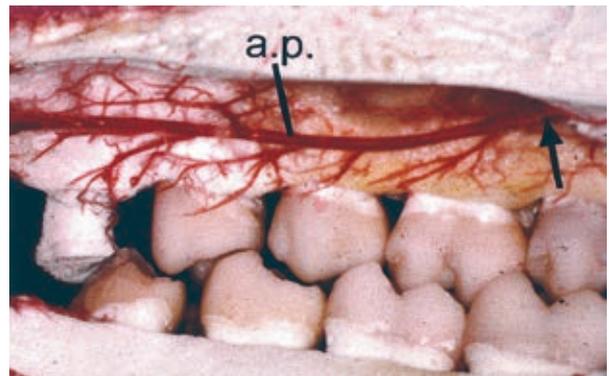


Fig. 1.95 Decorso dell'arteria palatina maggiore (a.p.) in un campione ottenuto da una scimmia perfusa con sostanze plastiche al momento della morte. Successivamente si è proceduto alla dissoluzione dei tessuti molli. La freccia indica il canale palatino maggiore.

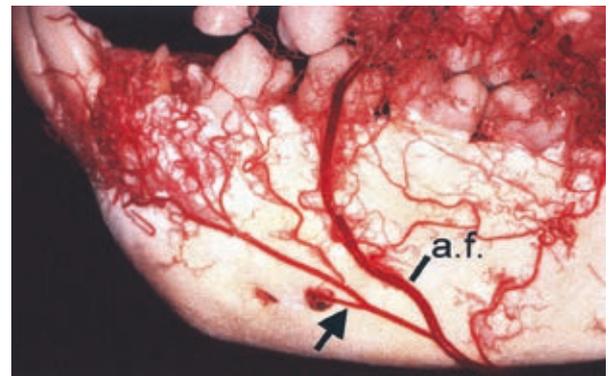


Fig. 1.96 Anastomosi (freccia) tra l'arteria facciale (a.f.) e i vasi sanguigni della mandibola.



Fig. 1.97 Immagine dei segmenti vestibolari del mascellare e della mandibola in un campione ottenuto da una scimmia perfusa con sostanze plastiche al momento della morte. È da notare che la gengiva vestibolare riceve sangue soprattutto dai vasi sanguigni sopraperiostali (freccie).



Fig. 1.98 I vasi sanguigni (freccie) che originano dai vasi del legamento parodontale passano oltre la cresta ossea alveolare e contribuiscono all'irrorazione della gengiva libera.

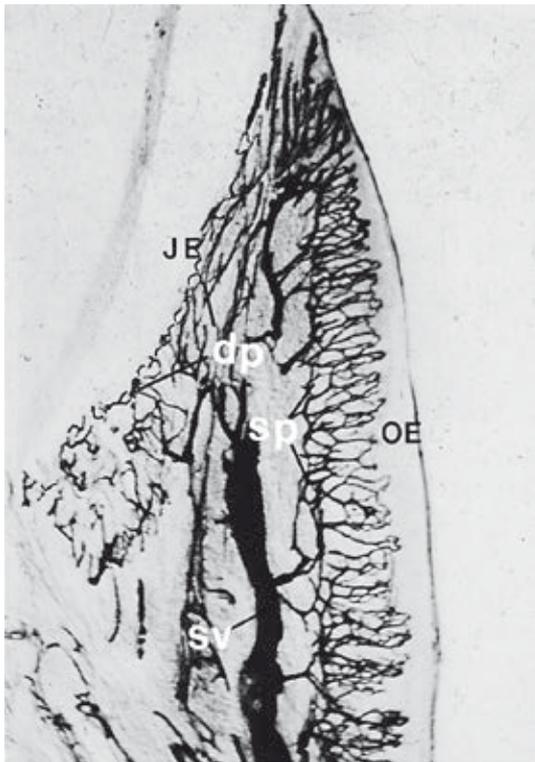


Fig. 1.99 Vasi sanguigni gengivali ottenuti da una scimmia perfusa con inchiostro di china al momento della morte. Successivamente, nella preparazione del campione, si è proceduto a un trattamento per rendere trasparente il tessuto (campione chiarificato). Il dente è di sinistra. dp (*dentogingival plexus*), plesso dentogingivale; JE (*Junctional Epithelium*), epitelio giunzionale; OE (*Oral gingival Epithelium*), epitelio orale gengivale; sp (*subepithelial plexus*), plesso subepiteliale; sv (*supraperiosteal blood vessel*), vasi sanguigni sopraperiostali.

passano oltre la cresta ossea alveolare e contribuiscono all'irrorazione della gengiva libera (Fig. 1.98).

In un campione chiarificato (Fig. 1.99) la distribuzione dei vasi sanguigni è nettamente evidente. Nel loro decorso verso la gengiva libera, i vasi sanguigni sopraperiostali (*supraperiosteal vessels*, sv) emettono

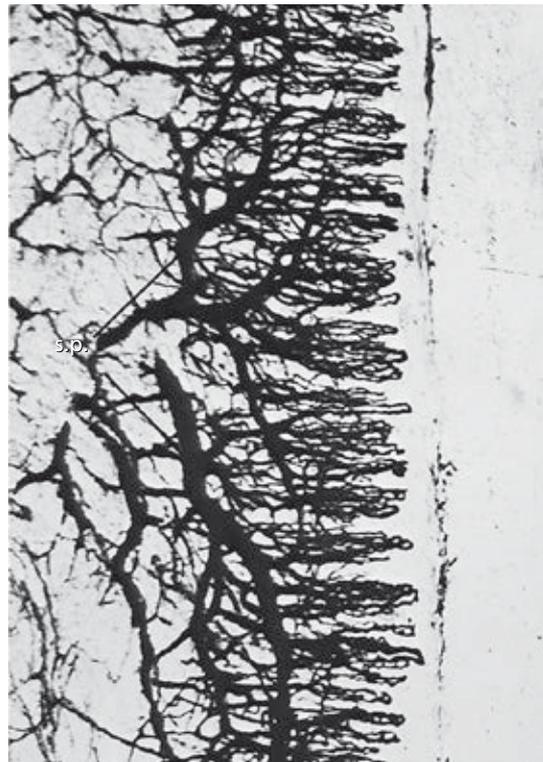


Fig. 1.100 Ingrandimento di un campione chiarificato che mostra come il plesso subepiteliale, situato sotto l'epitelio orale della gengiva libera e di quella aderente, emetta sottili anse capillari per ogni papilla del tessuto connettivo. Queste anse capillari hanno un diametro di circa 7 μ m, vale a dire le dimensioni di veri capillari.

numerosi rami diretti al *plesso subepiteliale* (*subepithelial plexus*, sp) situato immediatamente al di sotto dell'epitelio orale della gengiva libera e di quella aderente. Questo plesso subepiteliale emette a sua volta sottili *anse capillari* per ogni papilla connettivale che si proietta dentro l'epitelio orale gengivale (Fig. 1.100

a ingrandimento maggiore). Il numero di queste anse capillari rimane costante per un tempo molto lungo e non è alterato dall'applicazione di adrenalina o istamina al margine gengivale. Ciò significa che i vasi sanguigni delle porzioni laterali della gengiva sono completamente utilizzati, anche in circostanze normali, e che il flusso di sangue che arriva alla gengiva libera è regolato esclusivamente dai cambiamenti di velocità del flusso. Nella gengiva libera i vasi sanguigni sopraperiostali si anastomizzano con i vasi sanguigni che provengono dal legamento parodontale e dall'osso. Sotto l'epitelio giunzionale c'è un plesso di vasi sanguigni denominato *plesso dentogengivale* (*dento-gingival plexus*, dp). I vasi sanguigni di questo plesso hanno uno spessore di circa 40 μm , il che significa che si tratta principalmente di venule. Nella gengiva sana non si trovano anse capillari nel plesso dentogengivale. Se si taglia parallelamente alla superficie inferiore dell'epitelio giunzionale, si nota che il plesso dentogengivale consiste in una fine trama reticolare di vasi sanguigni (Fig. 1.101).

La figura 1.102 mostra una panoramica dei vasi sanguigni nella gengiva libera in una rappresentazione tridimensionale. Come affermato precedentemente, il maggior apporto di sangue alla gengiva libera deriva dai vasi sanguigni *sopraperiostali* che, nel contesto della gengiva, si anastomizzano con i vasi sanguigni che provengono dall'*osso alveolare* e dal *legamento parodontale*. Si vede chiaramente il plesso subepiteliale dei vasi adiacenti all'epitelio orale gengivale; allo stesso modo si può vedere il plesso dentogengivale al di sotto dell'epitelio giunzionale che, in condizioni normali, è formato da una trama reticolare molto fine, priva di anse capillari.

I vasi sanguigni del legamento parodontale derivano dalle branche dell'arteria dentale, dalle branche delle arterie interalveolare e inter-radicolare e dalle arterie sopraperiostali. La figura 1.103 mostra come i vasi sanguigni derivanti dall'arteria intrasettale dell'osso alveolare decorrono in canali (canali di Volkmann, VC) contenuti nella parete dell'alveolo verso l'interno nel legamento parodontale dove si anastomizzano. Da una sezione parallela alla superficie radicolare (Fig. 1.104) si vede che, dopo essere entrati nel legamento parodontale, i vasi sanguigni si anastomizzano e formano una trama poliedrica che circonda la radice a guisa di "calza". La maggioranza dei vasi del legamento parodontale è reperibile in vicinanza dell'osso alveolare. Nella porzione coronale del legamento parodontale i vasi sanguigni decorrono in direzione coronale e, oltrepassata la cresta ossea alveolare, entrano nella gengiva libera (cfr. Fig. 1.98).

L'apporto di sangue al parodonto è schematizzato nella figura 1.105. I vasi sanguigni del legamento parodontale formano una trama poliedrica che circonda la radice. È da notare che la gengiva libera riceve sangue dai vasi sopraperiostali, dai vasi del legamento parodontale e dai vasi dell'osso alveolare.

Il sistema circolatorio (vasi sanguigni e linfatici) è essenziale per il trasporto di cellule e di biomole-



Fig. 1.101 Ingrandimento di un campione chiarificato del plesso dentogengivale in una sezione parallela alla superficie inferiore dell'epitelio giunzionale. Come risulta dall'immagine, il plesso dentogengivale consiste in una fine trama reticolare di vasi sanguigni. In alto nell'immagine si possono osservare anse capillari appartenenti al plesso subepiteliale posto sotto l'epitelio sulculare orale.

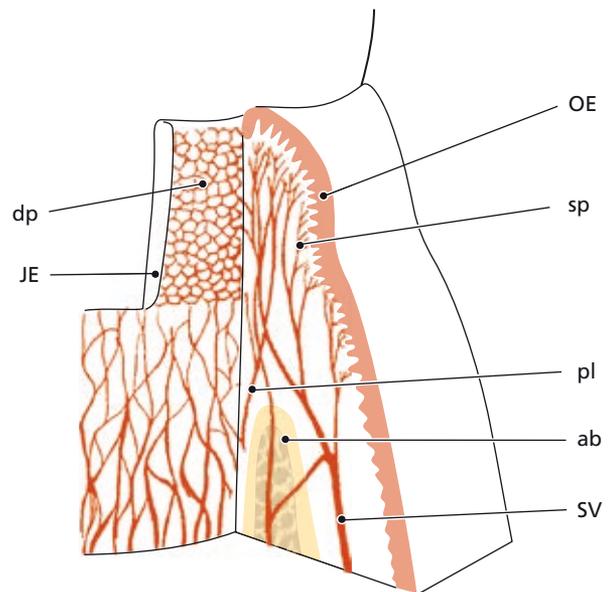


Fig. 1.102 Apporto di sangue alla gengiva libera. Il maggior apporto di sangue alla gengiva libera deriva dai vasi sanguigni sopraperiostali (SV). A destra, l'epitelio orale (OE) è rappresentato con il suo sottostante plesso di vasi subepiteliali (sp). A sinistra, sotto l'epitelio giunzionale (JE), si può osservare il plesso dentogengivale (dp) che, in condizioni normali, è formato da una trama reticolare molto fine, priva di anse capillari. ab (*alveolar bone*), osso alveolare; pl (*periodontal ligament*), legamento parodontale.

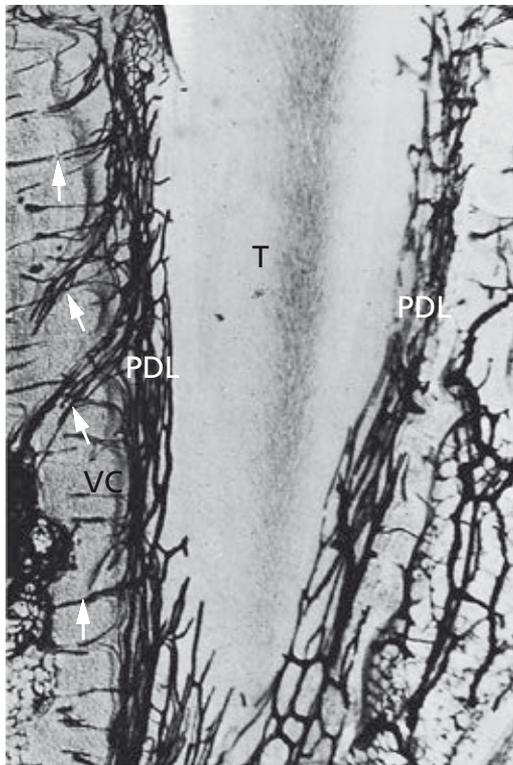


Fig. 1.103 Campione chiarificato di un dente (T) con il suo parodonto. I vasi sanguigni (rami perforanti, frecce), derivanti dall'arteria intrasettata dell'osso alveolare, decorrono in canali (canali di Volkmann, VC) contenuti nella parete dell'alveolo verso l'interno del legamento parodontale (PDL), dove si anastomizzano.



Fig. 1.104 Campione chiarificato di vasi sanguigni del legamento parodontale in una sezione di tessuto parallela alla superficie radicolare. Dopo essere entrati nel legamento parodontale, i vasi sanguigni (rami perforanti, frecce) si anastomizzano e formano una trama poliedrica che circonda la radice a guisa di "calza".

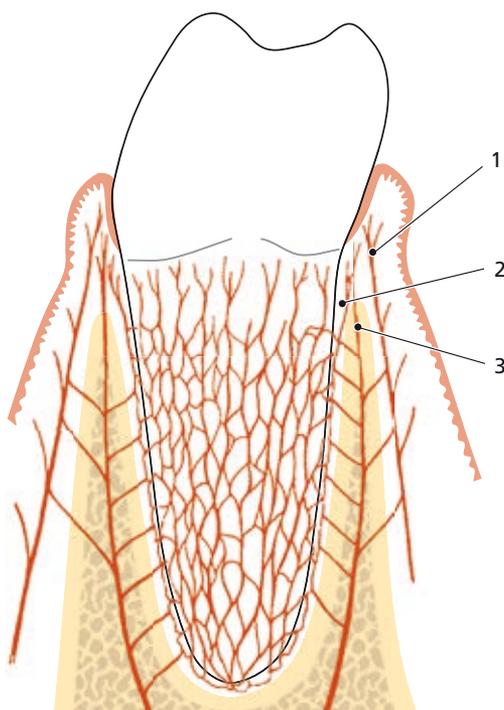


Fig. 1.105 Apporto di sangue al parodonto. I vasi sanguigni del legamento parodontale formano una trama poliedrica che circonda la radice. È da notare che la gengiva libera riceve sangue dai vasi sopraperiostali (1), dai vasi del legamento parodontale (2) e dai vasi dell'osso alveolare (3).

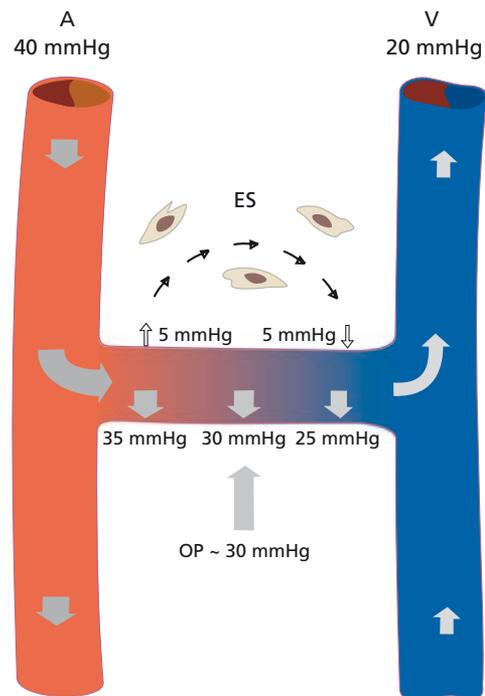


Fig. 1.106 Cosiddetta "circolazione extravascolare" (frecce piccole), attraverso cui nutrienti e altre sostanze sono portati alle singole cellule e i prodotti metabolici rimossi dal tessuto. A (*Arterial end of capillary*), porzione arteriosa del capillare; ES (*Extravascular Space*), spazio extravascolare; OP (*Osmotic Pressure*), pressione osmotica; V (*Venous end of capillary*), estremità venosa del capillare.

cole vitali e nutrienti all'interno del corpo. Aldilà del trasporto all'interno dei vasi, vi è la cosiddetta "circolazione extravascolare", attraverso cui nutrienti e altre sostanze sono portati alle singole cellule e i prodotti metabolici rimossi dal tessuto (Fig. 1.106). Nella porzione arteriosa del capillare è mantenuta una pressione idrostatica di circa 35 mmHg, come risultato della funzione di pompa del cuore. Poiché la pressione idrostatica è più alta della pressione osmotica (OP) del tessuto (che è approssimativamente di 30 mmHg), si ha un trasporto di sostanze dai vasi sanguigni allo spazio extravascolare. All'estremità venosa del capillare la pressione idrostatica si riduce fino a un valore di circa 25 mmHg (risultando 5 mmHg più bassa della pressione osmotica del tessuto). Ciò permette il trasporto di sostanze dallo spazio extravascolare ai vasi. Quindi, la differenza fra pressione idrostatica e pressione osmotica permette il trasporto di sostanze dai vasi sanguigni allo spazio extravascolare nella parte arteriosa dei capillari, e dallo spazio extravascolare ai vasi sanguigni nella parte venosa dei capillari. Si instaura così una circolazione extravascolare.

Sistema linfatico del parodonto

I vasi linfatici più piccoli, i *capillari linfatici*, formano una trama estesa nel tessuto connettivo. Poiché la parete dei capillari linfatici è costituita da un singolo strato di cellule endoteliali, è difficile identificare questi capillari in una sezione istologica normale. Attraverso queste pareti sottili la linfa è assorbita dai liquidi tissutali ed entra nei capillari linfatici; da questi passa in vasi linfatici maggiori, che si trovano spesso in vicinanza dei corrispondenti vasi sanguigni. Prima che la linfa entri in circolo passa attraverso uno o più *linfonodi* in cui è filtrata e integrata con linfociti. I vasi linfatici sono provvisti di valvole, come le vene. Il sistema linfatico del parodonto è illustrato nella figura 1.107. La linfa proveniente dai tessuti parodontali è drenata nei linfonodi della testa e del collo. La gengiva vestibolare e quella linguale della regione dei denti incisivi inferiori drenano nei *linfonodi sottomentali* (sme). La gengiva palatale del mascellare superiore drena nei *linfonodi cervicali profondi* (cp). La gengiva vestibolare del mascellare superiore e quella vestibolare e linguale delle regioni premolare e molare della mandibola drenano nei *linfonodi sottomandibolari* (sma). Se si eccettuano i terzi molari e gli incisivi inferiori, tutti i denti con i loro tessuti parodontali adiacenti drenano nei linfonodi sottomandibolari. I terzi molari drenano nel *linfonodo giugulodigastrico* (*jugulodigastric lymph nodes, jd*) e gli incisivi inferiori nei *linfonodi sottomentonieri*.

Innervazione del parodonto

Come altri tessuti corporei, il parodonto contiene recettori che registrano il dolore, il contatto e la pressione (*nocicettori e meccanocettori*). Oltre a vari tipi di re-

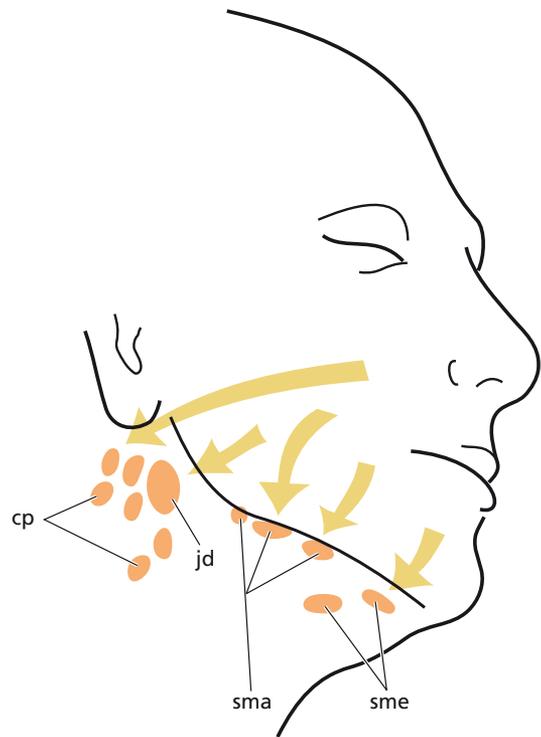


Fig. 1.107 Sistema linfatico del parodonto. cp (*cervical lymph nodes*), linfonodi cervicali profondi; jd (*jugulodigastric lymph node*), linfonodo giugulodigastrico; sma (*submandibular lymph nodes*), linfonodi sottomandibolari; sme (*submental lymph nodes*), linfonodi sottomentonieri.

cettori sensoriali, si trovano nel parodonto anche componenti nervose che innervano i vasi sanguigni. I nervi che registrano dolore, contatto e pressione hanno il proprio centro trofico nel *ganglio semilunare* e giungono al parodonto per mezzo del *nervo trigemino* e dei suoi rami terminali. La presenza di recettori nel legamento parodontale permette di rilevare anche piccole forze applicate sui denti; per esempio, può essere facilmente identificata una sottile striscia di metallo spessa 10-30 μm posta fra i denti durante l'occlusione. È anche ben noto come i movimenti che portano i denti della mandibola in contatto con le superfici oclusali dei denti mascellari siano arrestati in via riflessa e tramutati in movimenti di apertura se, durante la masticazione, si avverte una particella dura. Quindi, i recettori presenti nel legamento parodontale, insieme ai propriocettori muscolari e tendinei, svolgono un ruolo essenziale nella regolazione dei movimenti masticatori e delle forze masticatorie.

Le varie regioni della gengiva che sono innervate dalle terminazioni del nervo trigemino sono illustrate nella figura 1.108. La gengiva sulla superficie labiale dei denti mascellari incisivi, canini e premolari superiori è innervata dai *rami labiali superiori* del *nervo infraorbitale* (Fig. 1.108 a). La gengiva vestibolare nella regione molare mascellare è innervata dai rami del *nervo dentale posteriore superiore* (Fig. 1.108 b). La gengiva palatale è innervata dal *nervo palatino maggiore*, con esclusione dell'area dei denti incisivi, innervata dal *nervo sfenopalatino lungo* (nervo pterigopalatino).

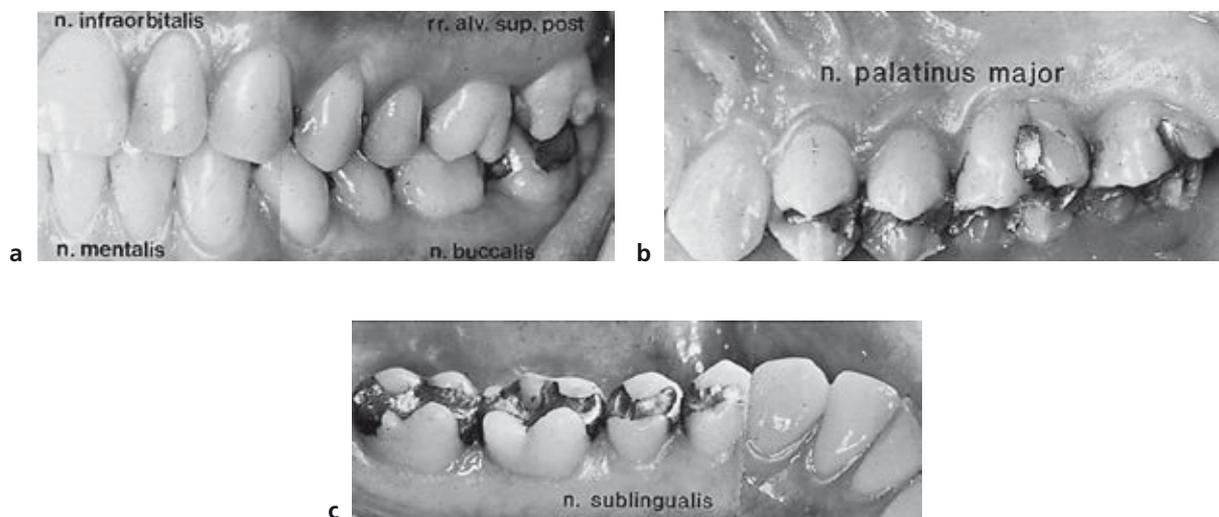


Fig. 1.108 Varie regioni della gengiva innervate dalle terminazioni del nervo trigemino. **a**, La gengiva sulla superficie labiale dei denti mascellari incisivi, canini e premolari superiori è innervata dai rami labiali superiori del nervo infraorbitale (*n. infraorbitalis*). La gengiva vestibolare nella regione molare mascellare è innervata dai rami del nervo dentale posteriore superiore (*rr. alv. sup. post.*). La gengiva sulla superficie labiale dei denti incisivi e canini inferiori è innervata dal nervo mentoniero (*n. mentalis*), quella sulla superficie vestibolare dei denti molari dal nervo vestibolare (*n. buccalis*). **b**, La gengiva palatale è innervata dal nervo palatino maggiore (*n. palatinus major*), con esclusione dell'area dei denti incisivi che è innervata dal nervo sfenopalatino lungo (nervo pterigopalatino). La gengiva linguale della mandibola è innervata dal nervo sottolinguale (*n. sublingualis*), ramo terminale del nervo linguale.

La gengiva linguale della mandibola è innervata dal *nervo sottolinguale* (*n. sublingualis*), ramo terminale del *nervo linguale* (Fig. 1.108 c). La gengiva sulla superficie labiale dei denti incisivi e canini inferiori è innervata dal *nervo mentoniero*, quella sulla superficie vestibolare dei denti molari dal *nervo vestibolare*. Le aree di innervazione di questi due nervi spesso si sovrappongono nella regione premolare. I denti della mandibola, incluso il legamento parodontale corrispondente, sono innervati dal *nervo alveolare inferiore*, mentre i denti del mascellare sono innervati dal *plesso alveolare superiore*.

I piccoli nervi del parodonto seguono quasi lo stesso decorso dei vasi sanguigni. I nervi diretti alla gengiva decorrono nel tessuto che si trova alla superficie del periostio e durante il loro percorso verso la gengiva libera emettono diversi rami diretti all'epitelio orale. I nervi entrano nel legamento parodontale apicalmente attraverso le terminazioni del nervo dentale e lateralmente attraverso le perforazioni (canali di Volkmann) della parete dell'alveolo (cfr. Fig. 1.103). Nel legamento parodontale i nervi si uniscono in fasci più grandi che assumono un decorso parallelo all'asse lungo del dente. La figura 1.109 illustra piccoli nervi emergenti da fasci più grandi di nervi ascendenti, che si portano a innervare alcune zone del tessuto del legamento parodontale, in cui sono stati identificati vari tipi di terminazioni nervose, come le terminazioni nervose libere e i corpuscoli di Ruffini.



Fig. 1.109 Fotomicrografia di piccoli nervi (freccie), emergenti da fasci più grandi di nervi ascendenti, che si portano a innervare alcune zone del tessuto del legamento parodontale.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare coloro che hanno contribuito alle illustrazioni di questo capitolo: M. Listgarten, R.K. Schenk, H.E. Schroeder, K.A. Selvig, K. Josephsen, A. Sculean, T. Karring e L. Furquim.

Bibliografia

- Ainamo, J. & Talari, A. (1976). The increase with age of the width of attached gingiva. *Journal of Periodontal Research* **11**, 182–188.
- Anderson, D.T., Hannam, A.G. & Matthews, G. (1970). Sensory mechanisms in mammalian teeth and their supporting structures. *Physiological Review* **50**, 171–195.
- Bartold, P.M. (1995). Turnover in periodontal connective tissue: dynamic homeostasis of cells, collagen and ground substances. *Oral Diseases* **1**, 238–253.
- Beertsen, W., McCulloch, C.A.G. & Sodek, J. (1997). The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue. *Periodontology 2000* **13**, 20–40.
- Bosshardt, D.D. & Schroeder, H.E. (1991). Establishment of acellular extrinsic fiber cementum on human teeth. A light- and electron-microscopic study. *Cell Tissue Research* **263**, 325–336.
- Bosshardt, D.D. & Selvig, K.A. (1997). Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontology 2000* **13**, 41–75.
- Carranza, E.A., Itoiz, M.E., Cabrini, R.L. & Dotto, C.A. (1966). A study of periodontal vascularization in different laboratory animals. *Journal of Periodontal Research* **1**, 120–128.
- Egelberg, J. (1966). The blood vessels of the dentogingival junction. *Journal of Periodontal Research* **1**, 163–179.
- Fullmer, H.M., Sheetz, J.H. & Narkates, A.J. (1974). Oxytalan connective tissue fibers. A review. *Journal of Oral Pathology* **3**, 291–316.
- Hammarström, L. (1997). Enamel matrix, cementum development and regeneration. *Journal of Clinical Periodontology* **24**, 658–677.
- Karring, T. (1973). Mitotic activity in the oral epithelium. *Journal of Periodontal Research, Suppl.* **13**, 1–47.
- Karring, T. & Löe, H. (1970). The three-dimensional concept of the epithelium-connective tissue boundary of gingiva. *Acta Odontologica Scandinavica* **28**, 917–933.
- Karring, T., Lang, N.R. & Löe, H. (1975/1974). The role of gingival connective tissue in determining epithelial differentiation. *Journal of Periodontal Research* **10**, 1–11.
- Karring, T., Ostergaard, E. & Löe, H. (1971). Conservation of tissue specificity after heterotopic transplantation of gingiva and alveolar mucosa. *Journal of Periodontal Research* **6**, 282–293.
- Kvam, E. (1973). Topography of principal fibers. *Scandinavian Journal of Dental Research* **81**, 553–557.
- Lambrichts, I., Creemers, J. & van Steenberghe, D. (1992). Morphology of neural endings in the human periodontal ligament: an electron microscopic study. *Journal of Periodontal Research* **27**, 191–196.
- Listgarten, M.A. (1966). Electron microscopic study of the gingivo-dental junction of man. *American Journal of Anatomy* **119**, 147–178.
- Listgarten, M.A. (1972). Normal development, structure, physiology and repair of gingival epithelium. *Oral Science Review* **1**, 3–67.
- Lozdan, J. & Squier, C.A. (1969). The histology of the mucogingival junction. *Journal of Periodontal Research* **4**, 83–93.
- Melcher, A.H. (1976). Biological processes in resorption, deposition and regeneration of bone. In: Stahl, S.S., ed. *Periodontal Surgery, Biologic Basis and Technique*. Springfield: C.C. Thomas, pp. 99–120.
- Page, R.C., Ammons, W.F., Schectman, L.R. & Dillingham, L.A. (1974). Collagen fiber bundles of the normal marginal gingiva in the marmoset. *Archives of Oral Biology* **19**, 1039–1043.
- Palmer, R.M. & Lubbock, M.J. (1995). The soft connective tissue of the gingiva and periodontal ligament: are they unique? *Oral Diseases* **1**, 230–237.
- Saffar, J.L., Lasfargues, J.J. & Cherruah, M. (1997). Alveolar bone and the alveolar process: the socket that is never stable. *Periodontology 2000* **13**, 76–90.
- Schenk, R.K. (1994). Bone regeneration: Biologic basis. In: Buser, D., Dahlin, C. & Schenk, R. K., eds. *Guided Bone Regeneration in Implant Dentistry*. Berlin: Quintessence Publishing Co.
- Schroeder, H.E. (1986). The periodontium. In: Schroeder, H. E., ed. *Handbook of Microscopic Anatomy*. Berlin: Springer, pp. 47–64.
- Schroeder, H.E. & Listgarten, M.A. (1971). Fine structure of the developing epithelial attachment of human teeth, 2nd edn. Basel: Karger, p. 146.
- Schroeder, H.E. & Listgarten, M.A. (1997). The gingival tissues: the architecture of periodontal protection. *Periodontology 2000* **13**, 91–120.
- Schroeder, H.E. & Münzel-Pedrazzoli, S. (1973). Correlated morphometric and biochemical analysis of gingival tissue. Morphometric model, tissue sampling and test of stereologic procedure. *Journal of Microscopy* **99**, 301–329.
- Schroeder, H.E. & Theilade, J. (1966). Electron microscopy of normal human gingival epithelium. *Journal of Periodontal Research* **1**, 95–119.
- Selvig, K.A. (1965). The fine structure of human cementum. *Acta Odontologica Scandinavica* **23**, 423–441.
- Valderhaug, J.R. & Nylen, M.U. (1966). Function of epithelial rests as suggested by their ultrastructure. *Journal of Periodontal Research* **1**, 67–78.

