

ISTOLOGIA ED EMBRIOLOGIA ISTOLOGICIA ED ENBRIOLOGICIA

ORALE

Nadir M. Maraldi Nicoletta Gagliano

Edizione digitale

edi-ermes

The cover features two prominent microscopic images. On the left, there is a high-magnification view of pink-stained tissue, likely showing the cellular structure of the oral mucosa. On the right, there is a lower-magnification view of a cross-section of oral tissue, showing a blue-stained epithelial layer and underlying connective tissue with some brownish spots.

PREFAZIONE

Cellule e matrice extracellulare determinano le caratteristiche proprie di ogni tessuto. I tessuti del **sistema stomatognatico**, pur condividendo l'organizzazione generale degli altri sistemi, presentano caratteristiche morfologiche e proprietà biomeccaniche uniche.

La comprensione dell'organizzazione citologica e istologica del sistema stomatognatico e dei meccanismi genetici e molecolari coinvolti nel suo sviluppo è fondamentale per l'interpretazione dei processi patogenetici. Inoltre, le conoscenze relative alle proprietà biomeccaniche di tali tessuti sono necessarie per la realizzazione di dispositivi protesici biocompatibili e integrabili dal punto di vista anatomico-funzionale.

Questo testo è stato progettato per gli studenti dei corsi di laurea in cui i tessuti del sistema stomatognatico rappresentano una parte rilevante del programma di insegnamento, ma anche per gli specializzandi in discipline che coinvolgano la cavità orale e i professionisti odontoiatri, per fornire aggiornamenti nell'ambito di un settore medico in continua evoluzione.

Particolare attenzione si è dedicata all'integrazione fra i dati morfofunzionali e molecolari al fine di creare il collegamento necessario fra le alterazioni strutturali che si osserva-

no nelle patologie orali e i meccanismi molecolari implicati. Per questo, ogni **Capitolo** è articolato in un testo nel quale sono riportate le nozioni indispensabili per la comprensione della tematica trattata, corredato da note di **Istologia clinica**, e **Approfondimenti**, destinati a un aggiornamento specialistico. Un limitato numero di **Lettere consigliate**, alla fine di ogni capitolo, riporta pubblicazioni tratte da recente bibliografia internazionale.

Il **materiale iconografico** è stato selezionato soprattutto per rendere possibile la migliore comprensione e corretta interpretazione del testo. Per questa ragione, la documentazione iconografica, inclusa in una **figura** è accompagnata da **rappresentazioni schematiche**, atte a evidenziare le interazioni tra le componenti molecolari e cellulari. Ogni figura, che ha per oggetto uno specifico argomento, è introdotta da una serie di **Concetti chiave** (riquadro in colore).

Per ogni immagine, è indicata la tecnica istologica impiegata; ciò risulta particolarmente utile nello studio dei tessuti mineralizzati, per i quali è impossibile, con un unico tipo di tecnologia, avere una rappresentazione completa dell'organizzazione tessutale, richiedendo tecniche di allestimento dei preparati diverse, che forniscono immagini complementari.

Nadir M. Maraldi

Professore Emerito

Dipartimento di Scienze Biomediche

e Neuromotorie

Università di Bologna

Nicoletta Gagliano

Professore Ordinario

Dipartimento di Scienze Biomediche

per la Salute

Università degli Studi di Milano

ORGANIZZAZIONE DELL'OPERA

Caratteristiche biomeccaniche dei tessuti, che rendono gli aggregati di cellule e di matrice extracellulare simili ai **materiali compositi**. Proprietà particolarmente evidenti nei tessuti connettivi ed epiteliali, che nel sistema stomatognatico, a seguito di processi di mineralizzazione, danno origine alle strutture costitutive del dente. Conoscenze relative alle **proprietà biomeccaniche** necessarie per la realizzazione di dispositivi protesici integrabili sia dal punto di vista anatomico-funzionale, sia della **biocompatibilità** (Cap. 1).

Basi fisico-chimiche della **biomineralizzazione**. Ruolo di elementi cellulari specializzati nei processi di biomineralizzazione dei diversi tessuti. Aspetti comuni e peculiarità dei processi di biomineralizzazione dell'osso alveolare, del cemento, della dentina e dello smalto. Ruolo delle matrici organiche nei processi di mineralizzazione e cristallizzazione. Peculiarità della mineralizzazione dello smalto rispetto a tutti gli altri processi di biomineralizzazione (Cap. 2).

Principi e applicazioni delle tecnologie impiegate per lo studio istologico dei tessuti della cavità orale, con particolare riguardo alle **tecnologie di imaging in vivo** rispetto a quelle ottenute dopo estrazione dentale. Complementarità delle diverse tecnologie per una corretta interpretazione funzionale della complessa struttura del dente (Cap. 3).

Basi molecolari e meccanismi cellulari dello **sviluppo embrionale** e dei processi morfogenetici e differenziamento delle strutture del sistema stomatognatico (Cap. 4).

Peculiarità della **odontogenesi** rispetto ad altri meccanismi di sviluppo basati su interazioni epitelio-mesenchimali. Meccanismi della odontogenesi nella dentizione decidua e permanente (Cap. 5).

La **polpa dentale** quale prototipo di tessuto mesenchimale; ruolo delle cellule staminali pulpari. Vascolarizzazione e innervazione della polpa dentale in relazione con le attività funzionali degli odontoblasti. Peculiarità della **dentina** quale tessuto connettivo mineralizzato ad accrescimento continuo operato a distanza da cellule perenni (odontoblasti) che presentano caratteristiche morfofunzionali e meccanismi differenziativi simili a quelli delle cellule neuroectodermiche. Peculiarità dei meccanismi di induzione della mineralizzazione regionalmente e temporalmente distinti (dentina pre-erutti-

va, dentina secondaria, dentina peri- e intertubulare). Reattività della dentina e meccanismi riparativi. Complessità dei meccanismi della **sensibilità pulpodentale** (Cap. 6).

Unicità dello **smalto** quale unico tessuto epiteliale fisiologicamente mineralizzato, i cui elementi cellulari (ameloblasti) sono presenti esclusivamente nella fase pre-eruttiva. Meccanismi molecolari alla base delle interazioni tra odontoblasti e ameloblasti che consentono il contemporaneo differenziamento di dentina e smalto. Peculiarità del processo di mineralizzazione di una matrice proteica fibrillare e della formazione di aggregati cristallini orientati (prismi). Multiplici ruoli delle proteine e dei peptidi della matrice dello smalto. Peculiarità delle interazioni meccaniche tra dentina e smalto (giunzione smalto-dentina). Meccanismi cellulari e chimico-fisici che consentono allo smalto di raggiungere stadi di mineralizzazione completa (maturazione) (Cap. 7).

Peculiarità del processo bifasico della odontogenesi, nel quale la prima fase porta alla formazione della **corona del dente**, destinata alla eruzione, ma la cui stabilità meccanica e funzionalità masticatoria dipende dalla successiva fase di formazione della **radice del dente**. Peculiarità delle interazioni tra tessuti connettivali mineralizzati (**cemento**), tessuti connettivi a funzione meccanica (**legamento parodontale**) ed epiteliali di rivestimento (**gingiva**) nella costituzione di un apparato trofomeccanico responsabile dell'eruzione, stabilità meccanica, resistenza alle forze masticatorie, e caduta del dente a seguito di riassorbimento della radice (**parodonto**). Caratteristiche del cemento comuni con il tessuto osseo (matrice e processi di mineralizzazione) e peculiarità della componente cellulare (cementoblasti). Dinamicità dell'organizzazione spaziale del **legamento parodontale** anche in risposta a stimolazioni meccaniche. Unicità dell'organizzazione istologica della **gingiva aderente** e sua funzione nella costituzione del sistema crevicolare (Cap. 8).

Peculiarità dei **processi eruttivi** e di **caduta** dei denti decidui rispetto a quelli perenni. Rimaneggiamento osseo della cripta nel corso dell'eruzione e delle pareti alveolari nel processo di eruzione per il raggiungimento della occlusione. **Meccanismi di adattamento** della radice a opera del cemento sia nell'eruzione sia nell'occlusione. Ruolo dell'epitelio di rivestimento dell'organo dello smalto nel processo di fusione con l'epitelio di rivestimento della tonaca mucosa orale al fine

di costituire il sigillo crevicolare del sistema del parodonto (**Cap. 9**).

Peculiarità della **tonaca mucosa orale** rispetto ad altri tessuti epiteliali di rivestimento, con particolare riguardo ai meccanismi di ricambio da parte di cellule staminali, di riparazione delle lesioni, di cheratinizzazione, e di degenerazione (displasia e neoplasia). Innervazione della tonaca mucosa orale, con particolare riguardo ai meccanismi che consentono la discriminazione delle sostanze sulla base delle **sensazioni gustative** (**Cap. 10**).






Sviluppo delle **ghiandole salivari**. Meccanismi cellulari coinvolti nella elaborazione delle componenti del secreto mucoso e sieroso delle ghiandole salivari maggiori e minori. Meccanismi cellulari di riassorbimento attivo della componente acquosa e salina del secreto salivare. Rilascio di anticorpi nel secreto salivare (transcitosi) (**Cap. 11**).



















Ruolo delle varie componenti della saliva nella fisiologia e patologia del sistema stomatognatico. Peculiarità della saliva rispetto ad altri fluidi corporei: mantenimento dei valori del pH, formazione della pellicola dentale, attività antibatterica. Caratteristiche del **fluido gengivale crevicolare** quale componente della saliva e suo ruolo nella prevenzione della formazione del biofilm e della placca (**Cap. 12**).



























Sviluppo e organizzazione morfofunzionale di due distretti della testa coinvolti nella fisiopatologia del sistema stomatognatico: l'**articolazione temporomandibolare** e il **seno mascellare**. Peculiarità istologiche che rendono conto di alcuni processi fisiopatologici (**Capp. 13 e 14**).
























Basi istologiche e molecolari dei processi di **riparazione, rigenerazione e invecchiamento** dei tessuti del sistema stomatognatico. Ruolo dei biomateriali e delle **cellule staminali** nelle terapie rigenerative in odontoiatria (**Cap. 15**).

INDICE

1	TESSUTI E BIOMATERIALI	1	
	Organizzazione generale dei diversi tessuti	1	
	Organizzazione tridimensionale dei tessuti e caratteristiche del citoscheletro	4	
	Caratteristiche istologiche degli organi del sistema stomatognatico	8	
	Ingegneria tessutale/Medicina rigenerativa	12	
	Cellule staminali	17	
	 Cellule staminali orali	18	
	Lecture consigliate	18	
2	BIOMINERALIZZAZIONE	19	
	Considerazioni fisico-chimiche	19	
	Meccanismi	21	
	Regolazione della mineralizzazione da parte di inibitori	21	
	Ruolo delle componenti della ECM nella mineralizzazione in vivo	23	
	Maturazione e nanocalcificazione	24	
	Mineralizzazione nel tessuto osseo	25	
	Idrossiapatite dei tessuti dentali	25	
	Mineralizzazione nel cemento	26	
	Mineralizzazione nella dentina	26	
	Collageni nei diversi tessuti orodentali	29	
	Mineralizzazione nello smalto	29	
	Lecture consigliate	30	
3	METODICHE DI INDAGINE PER LO STUDIO DEI TESSUTI DENTALI	31	
	Metodiche microscopiche	31	
	Microscopia ottica	32	
	Microscopio a fluorescenza	33	
	Microscopio confocale a scansione laser	33	
	Microscopia elettronica	33	
	Microscopio elettronico a trasmissione	33	
	Microscopio elettronico a scansione	33	
	Allestimento dei preparati	35	
	Immunofluorescenza	35	
	Immunogold	37	
	Autoradiografia	37	
	Metodiche analitiche per i tessuti dentali	37	
	Microscopia ottica per lo studio di tessuti non decalcificati	37	
	Microradiografia	37	
	Utilizzo di sezioni seriate e tecniche complementari per evidenziare diverse componenti tessutali ...	38	
	 Metodiche di indagine applicate all'erosione e alla durezza dello smalto	39	
	Lecture consigliate	41	
4	SVILUPPO DI TESTA, FACCIA E CAVITÀ ORALE	43	
	Regolazione dei processi morfogenetici	43	
	Geni del pattern	43	
	 Ruolo dei geni <i>HOX</i> nello sviluppo embrionale	45	
	Fattori di trascrizione	45	
	Fattori di crescita	45	
	Morfogenesi e differenziamento	46	
	Principali meccanismi di controllo della morfogenesi e del differenziamento	46	
	 Transizione epiteliomesenchimale	48	
	Epigenetica e processi differenziativi	49	
	 Modificazioni epigenetiche	49	
	Prime fasi del differenziamento embrionale	50	
	 Aspetti molecolari dell'embriogenesi	50	
	Creste neurali	51	
	Migrazione delle cellule della cresta neurale craniale	51	
	Sviluppo della testa	53	
	Osteogenesi del cranio	55	
	 Aspetti molecolari della migrazione delle cellule della cresta neurale	55	
	Archi branchiali e stomodeo	56	
	Morfogenesi della faccia	57	
	 Aspetti molecolari dello sviluppo craniofacciale	57	
	Morfogenesi della cavità orale	60	
	Morfogenesi della lingua	60	
	Morfogenesi della mascella e della mandibola	60	
	 Aspetti molecolari della morfogenesi della mandibola	62	
	Riassorbimento della cartilagine di Meckel e maturazione del corpo della mandibola ...	62	
	Morfogenesi del vestibolo della bocca e della lamina dentale	64	
	 Patologie dello sviluppo	64	
	Lecture consigliate	65	

5 ODONTOGENESI	67		
Meccanismi istogenetici	67		
Sviluppo della dentizione	67		
Stadi differenziativi dell'odontogenesi	69		
Lamina dentale	69		
Stadio di gemma	71		
Stadio di cappuccio	71		
Stadio di campana	71		
Processi differenziativi a livello della corona	72		
Interazioni epitelio-mesenchimali	72		
Fattori del differenziamento odontoblastico	72		
Formazione della corona del dente	72		
 Fattori e meccanismi dell'odontogenesi	75		
Determinazione della tipologia dentale	77		
Dentinogenesi	79		
Amelogenesi	79		
Sviluppo della radice del dente	79		
 Morfogenesi dentale e innervazione	80		
Lecture consigliate	82		
6 COMPLESSO PULPODENTINALE	83		
Topografia e struttura della polpa dentale	83		
Cellule	85		
 Risposta delle cellule del sistema immunitario della polpa dentale ai patogeni	85		
Fibre	85		
Sostanza fondamentale	85		
 Espressione di proteine della matrice extracellulare e loro ruolo nella rigenerazione della polpa dentale	85		
 Regolazione epigenetica dell'infiammazione pulpare	86		
Denticoli	86		
 Eziogenesi dei denticoli	87		
Meccanismi di difesa e riparazione della polpa dentale in risposta alla carie	87		
 Meccanismi di morte cellulare nella polpa dentale	87		
Cellule staminali della polpa dentale	87		
 Ruolo delle cellule staminali della polpa dentale nella medicina rigenerativa	88		
Vascularizzazione della polpa dentale	88		
Innervazione della polpa dentale	88		
Dolore dentale infiammatorio	88		
Struttura generale della dentina	91		
Odontoblasti	92		
Polarizzazione degli odontoblasti	93		
 Meccanismi molecolari della polarizzazione degli odontoblasti	97		
 Ruolo degli odontoblasti nella reazione ai batteri cariogeni	97		
 Invecchiamento e morte degli odontoblasti	99		
Mineralizzazione della dentina	99		
 Ruolo delle vescicole di matrice nei processi di mineralizzazione	99		
Topografia della dentina	101		
Predentina	101		
Dentina mantellare	101		
Dentina circumpulpare	103		
 Fronte di mineralizzazione della dentina	106		
Composizione della dentina	106		
Componente inorganica	106		
Componente organica	106		
Collagene	106		
Proteine non collagene	106		
Proteoglicani e glicosaminoglicani	108		
Metalloproteinasi della matrice	108		
Altre componenti organiche	109		
Tipi di dentina	109		
 Dentina di reazione e dentina riparativa	111		
Apposizione incrementale di dentina e sclerosi dei tubuli dentinali	111		
 Ritmi circadiani	111		
 Odontoblasti e risposta immune innata	113		
Dolore dentinale: ruolo degli odontoblasti nella nocicezione	113		
Ipersensibilità dentinale	113		
Teoria neurale	115		
Teoria idrodinamica	115		
Teoria dell'odontoblasto quale trasduttore di senso	115		
Ciglio primario negli odontoblasti	116		
 Patologie congenite della dentina	116		
Lecture consigliate	116		
7 SMALTO	117		
Proprietà dello smalto	117		
Ameloblasti	118		
Stadio morfogenetico	118		
Stadio presecretivo	118		
Stadio secretivo	118		
Stadio maturativo	121		
Stadio protettivo	121		
Fasi dell'amelogenesi	121		
Fase secretiva	121		
Modelli interpretativi delle fasi iniziali della mineralizzazione dello smalto	122		
 Faccia secernente dell'ameloblasto (fronte di mineralizzazione)	125		
Organizzazione strutturale dei prismi dello smalto	126		

Fase di transizione e maturazione	126	Cementociti	161
Trasporto ionico da parte degli ameloblasti	126	Legamento parodontale	163
 Trasportatori ionici degli ameloblasti	128	Topografia e struttura	163
Giunzione smalto-dentina	128	Componente cellulare	163
Processi di mineralizzazione a livello		Componente fibrosa	165
della giunzione smalto-dentina	130	Fibre collagene	165
Struttura dello smalto	130	 Aspetti molecolari della biosintesi	
Composizione dello smalto	132	di collagene in risposta al carico	165
Componente inorganica	132	Fibre elastiche	168
 Fluoroprofilassi	132	Sostanza fondamentale	168
Componente organica	132	Movimenti ortodontici:	
Amelogenina	132	legamento parodontale e osso alveolare	168
Enamelina	136	 Ortognatodonzia	168
Ameloblastina	136	Vascolarizzazione e innervazione	169
 Modelli animali mutanti per le proteine		Sviluppo	169
dello smalto	136	 Terapie rigenerative parodontali	170
Altre proteine dello smalto	136	 Residui epiteliali di Malassez	
Proteinasi dello smalto	136	e rigenerazione parodontale	172
 Ruolo dei nanonastri proteici		Cellule staminali del legamento parodontale	172
derivati dall'idrolisi dell'amelogenina		Gengiva	173
nel processo di accrescimento		Topografia	173
dei cristalli	137	Struttura	173
Organizzazione gerarchica delle strutture		Epitelio di rivestimento	173
crystalline	137	 Rigenerazione dell'epitelio giunzionale	
Aspetti microscopici dello smalto	141	e riparazione delle lesioni	
Fusi, ciuffi e lamelle dello smalto	143	della tonaca mucosa orale	179
Bande di Hunter-Schreger	146	 Possibili marker diagnostici	
Smalto superficiale	146	della parodontite	179
Lecture consigliate	148	 Parodontite cronica e tasca gengivale	179
8 PARODONTO	149	 Meccanismi di adesione	
Fasi iniziali dello sviluppo del parodonto	150	dell'epitelio giunzionale	179
 Meccanismi molecolari e fattori di crescita		 Specificità immunologiche	
coinvolti nello sviluppo della radice		dell'epitelio giunzionale	181
del dente	150	 Adesione alla superficie degli impianti	181
 Dinamiche cellulari e segnali		 Ruolo dei batteri nello sviluppo	
che determinano la transizione		della parodontite cronica	181
da corona a radice del dente	153	Tessuto connettivo della gengiva	181
 Formazione della radice: vie di segnale		Vascolarizzazione e innervazione	183
indipendenti da quelle dello sviluppo		 Patogenesi della parodontite	183
della corona	153	 Patologie parodontali	183
Cemento	153	 Cellule staminali della polpa dentale	
Topografia, struttura e classificazione	153	nella malattia parodontale	183
Composizione	155	 Ipertrofia gengivale	185
Componente inorganica	159	Ossso alveolare	185
Componente organica	159	Topografia e struttura	185
 Proteine cemento-specifiche	159	Aspetti funzionali	186
 Permeabilità della radice	160	Lecture consigliate	186
Cellule del cemento	160	9 ERUZIONE E MOVIMENTI DENTALI	187
Cementoblasti	160	Movimenti pre-eruttivi	187
 Proteine smalto-associate del cemento	160	Modifiche che precedono l'eruzione	
 Possibile ruolo dei cementoblasti		dei denti decidui	188
nella rigenerazione parodontale	160	Eruzione dei denti decidui	189

Caduta dei denti decidui	191	 Faringite acuta streptococcica	227
Modifiche che precedono l'eruzione dei denti permanenti	191	 Tonsillectomia e adenoidectomia	227
Eruzione dei denti permanenti	191	 Lesioni precancerose della tonaca mucosa orale	227
 Eruzione nella fase post-emersione	193	Lettere consigliate	228
Meccanismi responsabili dell'eruzione	193	11 GHIANDOLE SALIVARI	229
 Regolazione molecolare della osteolisi	195	Organizzazione morfofunzionale	229
 Regolazione molecolare dell'osteogenesi	197	Struttura istologica	231
 Patologie dell'eruzione	197	Vascularizzazione e innervazione	232
Movimenti che seguono l'eruzione	198	Ultrastruttura funzionale	233
Rimodellamento dell'osso alveolare in risposta a trattamenti ortodontici	198	Cellule sierose	236
Ruolo del legamento parodontale nei movimenti ortodontici	201	Cellule mucose	237
Ruolo del citoscheletro nella meccano-trasduzione	201	Formazione della saliva: fase secretoria della componente acquosa	237
Meccanismi della meccano-trasduzione	203	Formazione della saliva: fase di riassorbimento ionico	240
 Eventi cellulari indotti dalle forze ortodontiche	204	Sintesi e rilascio delle immunoglobuline A	240
 Biomarcatori del rimodellamento osseo	204	Dotti	240
 Meccanismi molecolari dei movimenti ortodontici	204	Dotti intercalari	240
Lettere consigliate	205	 Degenerazione neoplastica degli oncociti	241
10 TONACA MUCOSA ORALE	207	Dotti striati	241
Epitelio orale: componenti cellulari	209	Dotti escretori	243
Epitelio orale non cheratinizzato	211	Dotto escretore principale	245
 Compresse sublinguali	213	Cellule mioepiteliali	245
Epitelio orale cheratinizzato	214	 Ruolo delle cellule mioepiteliali nelle neoplasie delle ghiandole salivari	247
Citomorfosi cornea	215	Variabilità interspecifica	248
Lamina propria della tonaca mucosa orale	215	Variazioni individuali nell'uomo	248
Cellule	215	Ghiandola parotide	248
Fibre	217	 Sindrome della bocca secca	250
Sostanza fondamentale	218	Ghiandola sottomandibolare	251
Tonaca mucosa di rivestimento	218	Ghiandola sottolinguale	253
Labbra e guance	218	Ghiandole salivari minori	254
Pavimento della bocca	218	 Ormoni salivari: grelina e obesità	255
Faccia inferiore della lingua	218	Sviluppo	255
Processi alveolari	218	Morfogenesi	257
Palato molle	219	Proliferazione e differenziamento delle cellule progenitrici	257
Tonaca mucosa masticatoria	219	Vie di segnale che regolano la morfogenesi delle ghiandole salivari	259
Palato duro	219	Ruolo dell'innervazione nel processo di morfogenesi per ramificazione	259
Gengiva	219	 Aplasia e displasia delle ghiandole salivari	262
Tonaca mucosa specializzata	219	 Lesioni vascolonervose	262
Calici gustativi	221	 Rigenerazione funzionale delle ghiandole salivari	262
Sviluppo embrionale	223	 Ruolo dei fattori di crescita e delle molecole segnale nella morfogenesi delle ghiandole salivari	262
 Marcatori molecolari del differenziamento dei calici gustativi	223	Lettere consigliate	263
 Ricambio delle cellule dei calici gustativi nella vita adulta	223		
Tessuto linfoide della tonaca mucosa orale	223		
 Patologie e alterazioni gustative	225		
 Risposte immunitarie delle tonsille	227		

12 SALIVA	265	Sviluppo	289
 Ruoli multipli della saliva	266	 Sindrome temporomandibolare	
Liquido orale	266	e occlusione	291
Componenti della saliva	268	 Disturbi dello sviluppo	292
Mucine salivari	268	 Dislocazione e anchilosi	292
Peptidi cationici	269	 Artrite	292
Proteine	269	 Invecchiamento dell'articolazione	
Immunità orale innata e acquisita	271	temporomandibolare	292
Anticorpi della saliva	271	Lettere consigliate	292
Valori normali di pH intraorale e flusso salivare ...	271	14 SENO MASCELLARE	293
Capacità tampone della saliva	273	Struttura	293
Proprietà delle proteine della saliva		Funzioni	296
e della pellicola dentale acquisita		Vascularizzazione	296
nei confronti dell'erosione	273	Sviluppo	296
Erosione dentale	275	 Sinusite odontogenica	296
Meccanismi dell'erosione acida dell'idrossiapatite		Lettere consigliate	297
dentale	275	15 INVECCHIAMENTO E RIPARAZIONE	
Principali agenti coinvolti nell'erosione dentale ...	275	DEI TESSUTI ORALI	299
Processi di remineralizzazione	275	Alterazioni dei tessuti dentali nell'invecchiamento	299
Ruolo della saliva nella riparazione delle ferite		Ruolo del biofilm nelle patologie dentali	302
della tonaca mucosa orale	277	Meccanismi cariogeni e malattia parodontale	304
 Sialosi	278	Meccanismi di usura e frattura del dente	304
 Tampone salivare molecolare		Meccanismi di riparazione dei tessuti orali	305
per Covid-19	278	Meccanismi rigenerativi del complesso	
 Biomarcatori proteici della parodontite		pulpodentinale	305
nella saliva	279	Meccanismi di riparazione delle lesioni	
 Disbiosi e parodontite	279	della tonaca mucosa orale	307
Lettere consigliate	280	Rigenerazione del parodonto	307
13 ARTICOLAZIONE		 Riparazione endodontica	311
TEMPOROMANDIBOLARE	281	 Nerve growth factor e riparazione	
Organizzazione e struttura istologica	281	delle ulcerazioni croniche	311
Capsula articolare	281	 Rigenerazione del dente	311
Cartilagine articolare	285	 Rigenerazione di altre componenti	
Struttura del disco articolare	285	del sistema stomatognatico	311
Membrana sinoviale	286	Lettere consigliate	312
Vascularizzazione e innervazione	286	ACRONIMI	313
Muscoli coinvolti nei movimenti mandibolari		INDICE ANALITICO	317
nella masticazione	286		
Biomeccanica dell'articolazione			
temporomandibolare	287		

1

TESSUTI E BIOMATERIALI

Dal punto di vista anatomico e clinico, il **sistema stomatognatico**, che rappresenta la parte iniziale del sistema digerente, è costituito dalla **bocca**, che comprende la cavità orale, le labbra, le guance, il palato, le gengive, i denti, la lingua, le fauci con le tonsille palatine e una porzione della faringe con le tonsille faringee. Per la masticazione e la deglutizione del cibo sono essenziali la secrezione della saliva da parte delle **ghiandole salivari**, i cui dotti escretori fanno capo alla tonaca mucosa orale, e l'attività dei **muscoli masticatori** e della deglutizione, innervati da nervi cranici. Per la comprensione dell'organizzazione istologica del sistema stomatognatico è necessario avere cognizioni di base relative alle caratteristiche di ciascuno dei quattro tessuti (*connettivo, epiteliale, nervoso e muscolare*). La maggior parte dei componenti del sistema stomatognatico, denti, tonaca mucosa orale e ghiandole salivari, sono strutture che si formano a seguito di complesse interazioni tra epiteli di rivestimento e tessuti connettivi, modulate da fattori sia locali sia sistemici, la cui diffusione dipende dalla vascolarizzazione e dall'innervazione.

Alcune caratteristiche dei tessuti sia connettivi sia epiteliali risultano particolarmente esaltate a livello delle strutture del sistema stomatognatico. Per esempio, in nessun altro sistema, i **tessuti connettivi** mostrano una tale varietà di tipologia delle componenti molecolari della matrice extracellulare e una tale variabilità di grado di mineralizzazione. Anche i **tessuti epiteliali** del sistema stomatognatico presentano caratteristiche uniche, quali il fenomeno della paracheratinizzazione e, nel caso dello smalto, la mineralizzazione di una matrice organica non di origine mesenchimale ma epiteliale.

ORGANIZZAZIONE GENERALE DEI DIVERSI TESSUTI

L'organizzazione della maggior parte degli organismi pluricellulari del regno animale si basa sulla disposizione di due componenti: **cellule** e **matrice extracellulare**. Combinazioni

e organizzazioni diverse di queste componenti consentono lo svolgimento di funzioni specifiche. A ciascuna organizzazione morfofunzionale di cellule e matrice extracellulare corrisponde un **tessuto**.

Ciascun tessuto è composto da cellule simili per morfologia e/o per funzione ed è caratterizzato da una specifica proporzione tra cellule e matrice extracellulare.

La combinazione di più tessuti determina l'organizzazione 3D degli **organi**. Sono definiti **cavi** gli organi formati da una parete a tonache sovrapposte che si stratificano dalla superficie esterna a quella luminale, che riveste una cavità. Sono definiti **pieni** gli organi che mancano di un lume interno, ma presentano compartimenti delimitati da strutture connettivali, nei quali risiedono popolazioni cellulari miste (**Fig. 1.1**).

Nella parete degli organi cavi viscerali le tonache sono, nell'ordine, **tonaca mucosa, tonaca sottomucosa, tonaca muscolare, tonaca avventizia**, in alternativa, **tonaca sierosa**. La tonaca mucosa comprende a sua volta un *epitelio di rivestimento*, una *membrana basale* e una *lamina propria*. Nella tonaca mucosa degli organi cavi del sistema digerente è anche presente tessuto muscolare liscio, che va a costituire la *muscularis mucosae*. La tonaca sottomucosa è costituita da tessuto connettivo. La tonaca muscolare prevede in linea di massima due strati, uno interno ad andamento circolare e uno esterno ad andamento longitudinale (cfr. **Fig. 1.1 A**).

Il tessuto connettivo di tutte le tonache, tranne l'avventizia, è di tipo lasso (prevalenza della sostanza amorfa su quella fibrosa).

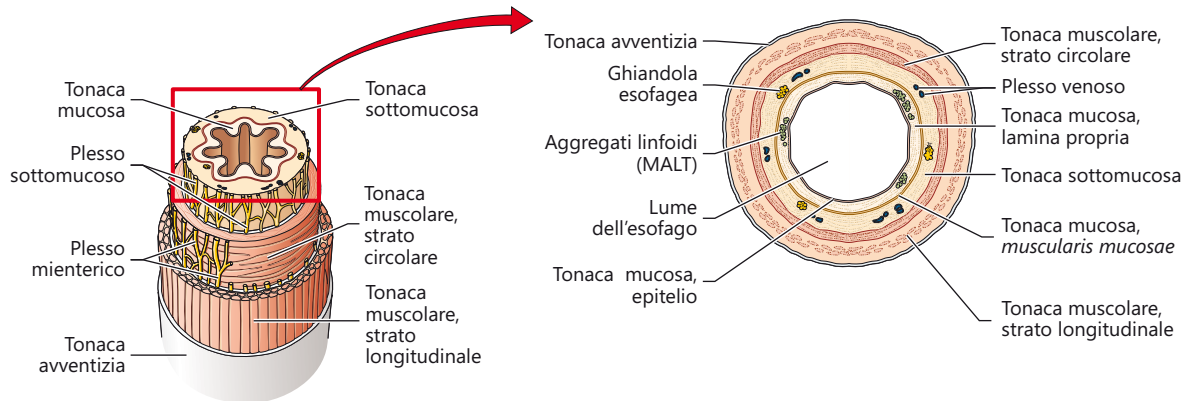
Gli organi pieni presentano uno **stroma connettivale** lasso che si dirama da una capsula di tessuto connettivo denso (prevalenza della componente fibrosa), che accoglie tra le sue maglie il parenchima cellularizzato che caratterizza l'organo (**Fig. 1.1 B**). Negli organi pieni lo stroma si può irradiare dalla capsula da una zona ben definita, l'ilo, oppure da più aree della superficie. Indipendentemente dalla modalità di ramificazione, i tralci di tessuto connettivo che si spingono nell'organo servono da guida al decorso di vasi, linfatici e nervi.

1.1

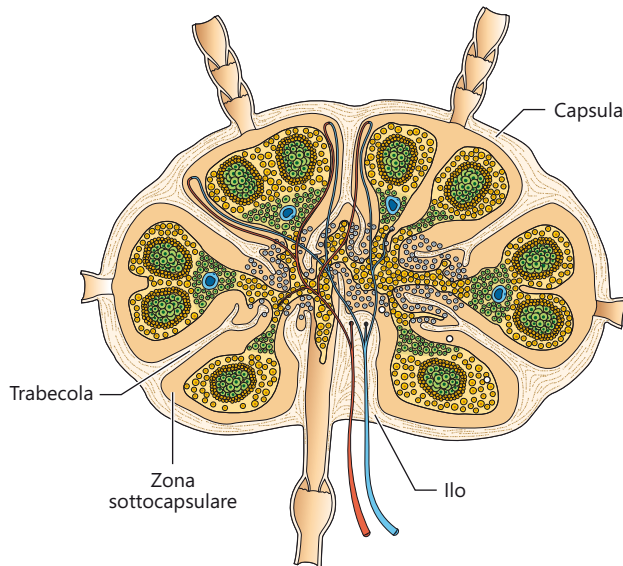
Organi cavi a tonache sovrapposte e organi pieni

Negli **organi cavi** a tonache sovrapposte viscerali la parete che riveste una cavità si organizza in una serie di tonache: **tonaca mucosa**, **tonaca sottomucosa**, **tonaca muscolare**, **tonaca avventizia** e, in alternativa, **tonaca sierosa**.

Negli **organi pieni** o parenchimatosi il **parenchima** è rivestito da una **capsula** di tessuto connettivo denso che si approfonda nell'organo. In alcuni organi può essere presente un ilo, sempre contenente abbondante tessuto connettivo, da cui dipartono diverse trabecole. Il tessuto connettivo dell'organo organizzato in setti e/o trabecole forma lo **stroma**.



A. Organi cavi. Organizzazione generale dell'esofago e rappresentazione schematica della parete dell'esofago in condizioni di distensione.



B. Organi pieni. Linfonodo. Si noti la presenza di una capsula formata da tessuto connettivo denso che si approfonda nell'organo a livello di una regione ben definita, a formare l'ilo. Dall'ilo si dipartono delle trabecole che raggiungono la capsula suddividendo l'organo in lobi.

Una parte del volume di ciascun tessuto è occupata da **matrice extracellulare (ECM)**; nel caso dei tessuti connettivi ne rappresenta la maggior parte. La ECM è costituita da aggregati di macromolecole secrete localmente da popolazioni cellulari specifiche e presenta un'organizzazione tridimensionale atta a garantire rapporti meccanici e trofici tra le cellule e a contrarre rapporti con le loro membrane.

Le componenti molecolari della ECM sono i **glicosaminoglicani**, i **proteoglicani** e le **fibre** (elastina, collagene). Sono, inoltre, presenti anche proteine quali laminina. I proteoglicani formano una sostanza gelificata, altamente idra-

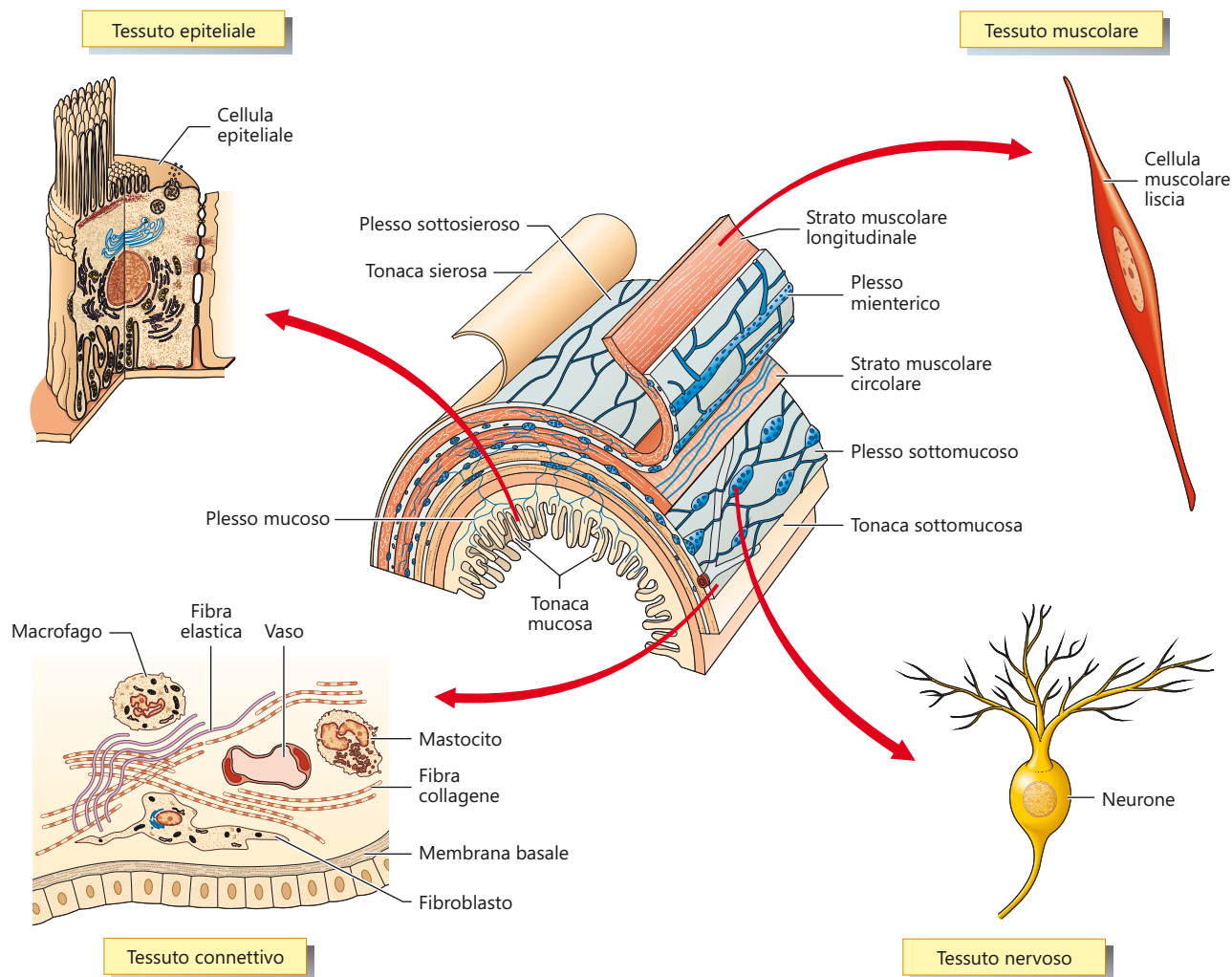
tata, la **sostanza fondamentale**, nella quale sono immerse le strutture fibrillari. Le proprietà fisicochimiche della sostanza fondamentale permettono a gas respiratori, metaboliti, fattori di crescita e ormoni di diffondere dal plasma, attraverso l'endotelio dei capillari, e di raggiungere le cellule; tali proprietà conferiscono ai tessuti resistenza, elasticità o *resilience*.

Una particolare forma di ECM è rappresentata dalla **membrana basale** (*basement membrane*, BM), una struttura laminare che aderisce alla superficie cellulare in vari tipi di tessuto (epiteliale, muscolare, nervoso) (Fig. 1.2).

1.2 Tipi di tessuto: rappresentazione schematica

I quasi duecento fenotipi cellulari, aggregandosi e producendo matrice extracellulare, danno luogo ai **tessuti**, rapportabili a quattro tipologie: **connettivo**, **epiteliale**, **muscolare** e **nervoso**.

I tessuti sono aggregati di **cellule** e **matrice extracellulare** (ECM), la cui organizzazione strutturale consente di svolgere funzioni specifiche.



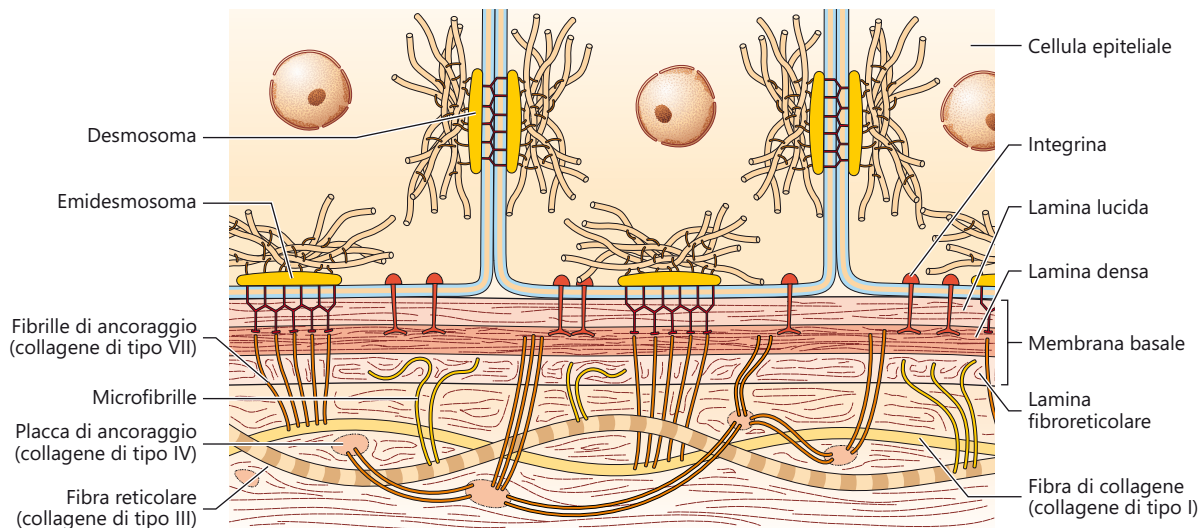
Al centro, la sezione di un **organo cavo** viscerale (canale alimentare, tratto gastrointestinale) consente di individuare i **tessuti** e le loro **interazioni**. L'organo possiede una superficie delimitante esterna e una superficie interna che delimita il lume. La superficie esterna è spesso rivestita dalla tonaca sierosa, costituita dal **mesotelio**, un **tessuto epiteliale** monostratificato pavimentoso. Nello spessore della parete dell'organo (tonaca muscolare) sono presenti fasci a decorso longitudinale (esterno) e circolare (interno) di **cellule muscolari lisce**, che risultano innervate da gruppi di **neuroni dei plessi mienterici**, presenti tra i due strati muscolari. Verso la regione centrale dell'organo, uno strato di **tessuto connettivo**, contenente fibre elastiche e vasi, forma la **tonaca sottomucosa**, mentre la **tonaca propria**, costituita da tessuto connettivo lasso, si trova immediatamente al disotto della **lamina epiteliale** che delimita il lume, costituita da epitelio monostratificato batiprismatico con microvilli a funzione assorbente (nel caso dell'intestino).

La membrana basale si forma mediante processi di auto-assemblaggio sulla superficie cellulare con la quale mantiene rapporti di tipo strutturale, ma provvede anche a fungere da trasduttore di segnali. Per queste peculiarità morfo-

funzionali la BM rappresenta un dispositivo biomeccanico tramite il quale tutti i tessuti costituiti da cellule non indipendenti possono assumere un aspetto tridimensionale (**Fig. 1.3**).

1.3

Struttura molecolare della membrana basale



Le componenti della membrana basale, organizzate in un reticolo polimerico tridimensionale, sono collagene di tipo IV, nidogene 1 e 2, agrina, perlecano e laminine. Le laminine, distribuite sulla faccia cellulare della BM, si legano alla membrana plasmatica tramite interazioni con glicolipidi di superficie e recettori transmembrana. La trasduzione di segnali è mediata da integrine, distroglicano e chinasi recettoriali.

ORGANIZZAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI TESSUTI E CARATTERISTICHE DEL CITOSCHELETRO

I **tessuti connettivi** presentano una struttura tridimensionale paragonabile a quella dei *materiali compositi* (cfr. **Fig. 1.11 B**). Infatti, le loro caratteristiche meccanico-funzionali dipendono dalle proprietà di resistenza, flessibilità ed elasticità di aggregati macromolecolari che, per polimerizzazione, danno origine a elementi fibrillari, immersi in una matrice semifluida che può variare enormemente di consistenza, a seguito di precipitazione di sali di calcio. Questa organizzazione è analoga a quella di materiali compositi che hanno la proprietà di assommare le caratteristiche meccaniche di componenti diversi (fibre di carbonio, fibre di acciaio, resine, plastiche, cementi). In tale assetto strutturale, le cellule, in genere, non svolgono un ruolo meccanico, ma presiedono alla sintesi e all'elaborazione delle componenti macromolecolari della ECM (**Fig. 1.4 A**). Tra queste strutture è compresa la *membrana basale* (BM) che è localizzata all'interfaccia tra tessuti connettivi ed elementi cellulari di altri tessuti (epiteliali, muscolari, nervosi).

Dal punto di vista dei biomateriali, la BM può essere paragonata al supporto (amorfo) dei circuiti stampati cui aderiscono gli elementi finiti (*transistor, microchip*). Nel caso della BM, gli elementi finiti (cellule), oltre a collocarsi in maniera

specificata (tramite *integrine*) sul supporto (*laminine, collagene di tipo IV, perlecano*) concorrono alla sua sintesi (cfr. **Fig. 1.3**).

Il **fenotipo delle cellule dei tessuti connettivi** (**Fig. 1.5 A**) è caratterizzato da variabilità di forma dovuta all'organizzazione del citoscheletro, costituito da filamenti intermedi che collegano la periferia cellulare alla lamina nucleare. In generale, tra le cellule dei tessuti connettivi non sono presenti dispositivi giunzionali (tranne che giunzioni comunicanti tra osteoblasti e osteociti); l'adesione tra cellule e componenti fibrillari della ECM avviene tramite *integrine*.

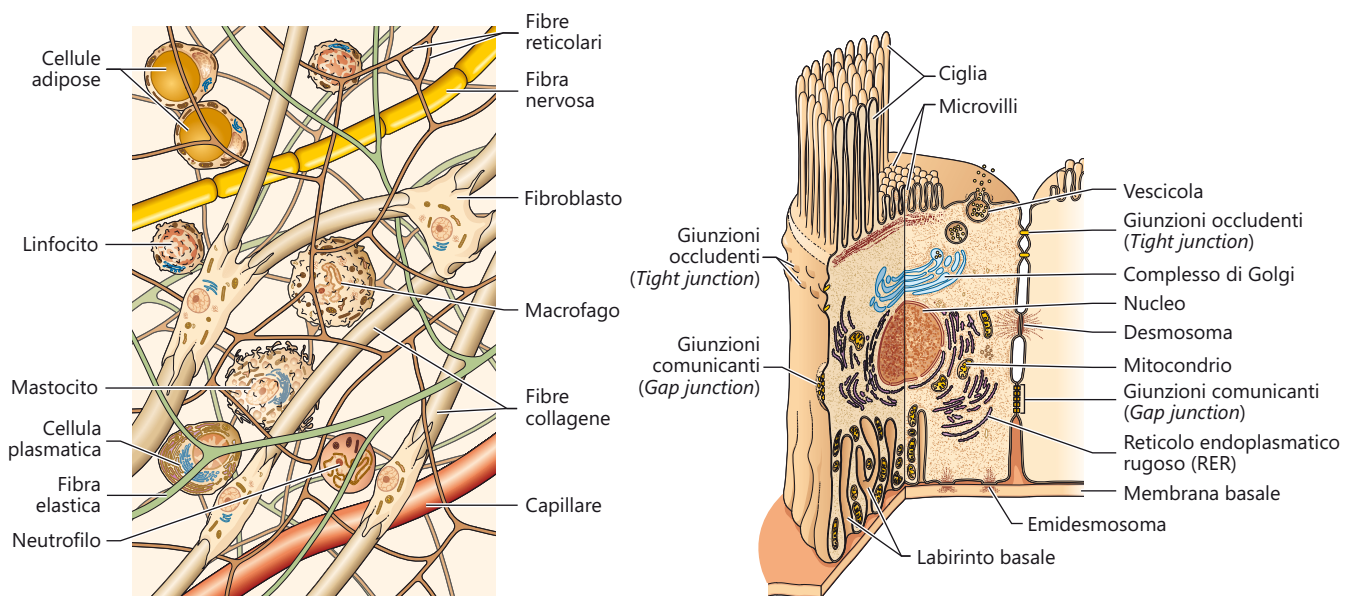
I **tessuti epiteliali** presentano una struttura tridimensionale paragonabile a quella dei materiali costituiti da elementi finiti organizzati in *strati laminari* (cfr. **Fig. 1.11 A**), le cui ampie superfici possono assumere, mediante ripiegatura, una vasta gamma di forme (**Fig. 1.4 B**). Nei tessuti epiteliali prevale la componente cellulare rispetto a quella della ECM, in quanto uno o più ordini di cellule risultano stratificati, stabilendo contatti tra loro tramite *dispositivi giunzionali* (in alcuni casi organizzati in *complessi di giunzione*), mentre la ECM è rappresentata esclusivamente dalla *membrana basale*, che funge da attacco per le lamine cellulari. Le caratteristiche meccaniche dei tessuti epiteliali sono paragonabili a quelle dei laminati con cui è possibile realizzare la ricopertura di ampie superfici, delimitare ambienti, formare docce, tubi e loro espansioni (alveoli, sacculi). In questa organizzazione, le proprietà meccaniche (resistenza, flessibilità) non sono fornite da macromolecole polimeriche extracellulari,

1.4 Tessuti connettivi ed epiteliali del sistema stomatognatico: struttura 3D

In un tessuto le cellule possono risultare tra loro meccanicamente connesse tramite sistemi di fibrille ad alta resistenza meccanica che possono essere **esterne alle cellule (ECM dei tessuti connettivi)** o **interne (citoscheletro delle cellule dei tessuti epiteliali)**. Nel primo caso, le proprietà meccaniche del tessuto dipenderanno dalle caratteristiche delle fibre e dalla natura della sostanza fondamentale, mentre nel secondo caso, dipenderanno dai sistemi di giunzione tra le componenti citoscheletriche degli elementi cellulari.

I **tessuti connettivi** di polpa/dentina, parodonto, lamina propria della tonaca mucosa orale, e stroma delle ghiandole salivari presentano una struttura principalmente costituita da ECM, prodotta da cellule libere e mobili; la ECM presenta diversi gradi di resistenza meccanica, elasticità, e durezza, dando anche luogo a componenti altamente mineralizzate.

I **tessuti epiteliali** dello smalto, gli epiteli di rivestimento della tonaca mucosa orale, gli adenomeri e i dotti escretori delle ghiandole salivari sono costituiti da lamine di cellule tra loro adese e variamente ripiegate nello spazio; tale organizzazione permette di svolgere funzioni di barriera, scambio, e rilascio di materiale extracellulare, che può essere fluido o completamente mineralizzato.



A. Organizzazione 3D del tessuto connettivo. Nella **sostanza fondamentale** (fase continua) della ECM le fibre collagene e reticolari deposte dai fibroblasti costituiscono la fase dispersa entro la quale si muovono diverse tipologie cellulari (macrofagi, neutrofilo, plasmacellule, mastociti, linfociti) in parte uscite dai vasi capillari. Possono essere presenti fibre nervose.

B. Organizzazione 3D del tessuto epiteliale. Tra le cellule, connesse da **dispositivi giunzionali**, non è presente la sostanza fondamentale della ECM, esclusivamente localizzata a livello della **membrana basale**. Le componenti filamentose del **citoscheletro**, tra loro connesse a livello dei dispositivi giunzionali, formano la fase dispersa immersa nel citosol (fase continua).

ma dalle componenti citoscheletriche e dalla membrana basale.

Il **fenotipo delle cellule degli epiteli** (Fig. 1.5 B) è caratterizzato da forme poliedriche regolari che dipendono dall'organizzazione del citoscheletro che, per quanto concerne i filamenti intermedi, è costituito dai tonofilamenti di citocheratina. Tra le cellule sono presenti vari tipi di dispositivi giunzionali; tra questi, dal punto di vista dell'organizzazione globale, rivestono un ruolo essenziale i desmosomi che utilizzano legami tra caderine, mentre i legami con la membrana basale, tramite gli emidesmosomi, utilizzano le integrine; in entrambi i casi la stabilità meccanica delle adesioni è garantita dai tonofilamenti di cheratina. Singoli ele-

menti cellulari o intere popolazioni di cellule epiteliali, assumendo una configurazione fortemente polarizzata degli organelli, atta a favorire il traffico vescicolare, assolvono funzioni di secrezione, dando origine a ghiandole uni- o pluricellulari.

Il **tessuto nervoso** presenta una struttura tridimensionale paragonabile a quella di una **rete circuitale**, nella quale i singoli elementi del circuito sono raggruppati in aree specifiche e collegati tra loro da una rete costituita da cavi conduttori circondati da una guaina isolante (Fig. 1.6). Nel tessuto nervoso centrale sono presenti entrambe le componenti: gli elementi del circuito sono rappresentati dai corpi cellulari e dalla rete dendritica dei neuroni (raggruppati in strati a livello

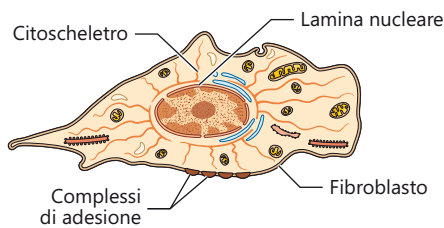
1.5 Tessuti connettivi, epiteliali, nervosi e muscolari: elementi cellulari

La bassa cellularità, unita a una grande eterogeneità di tale componente, e la prevalenza di matrice extracellulare caratterizzano i **tessuti connettivi**.

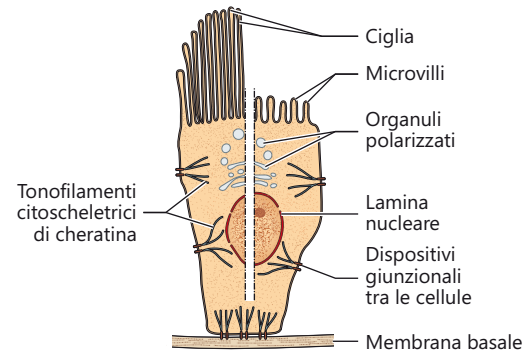
Nei **tessuti epiteliali**, la componente cellulare risulta prevalente e le cellule si organizzano in mono- o pluristrati formando tra loro giunzioni.

Il **tessuto nervoso** è composto da **neuroni**, cellule che elaborano un neurosecreto che viene trasportato e rilasciato a distanza, e da **cellule gliali**, che presiedono agli scambi metabolici e fungono da supporto e isolamento per i neuroni.

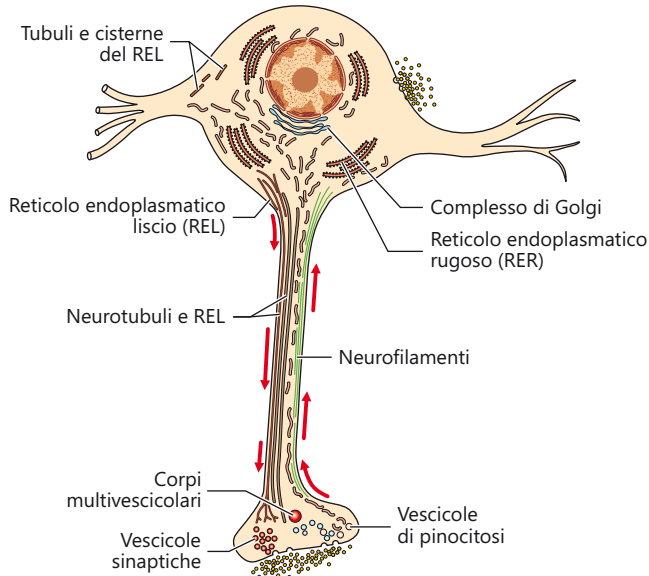
Nei **tessuti muscolari** la componente citoscheletrica, costituita dai microfilamenti di **actina**, risulta particolarmente specializzata al fine di svolgere la funzione contrattile, interagendo con la proteina motrice **miosina**.



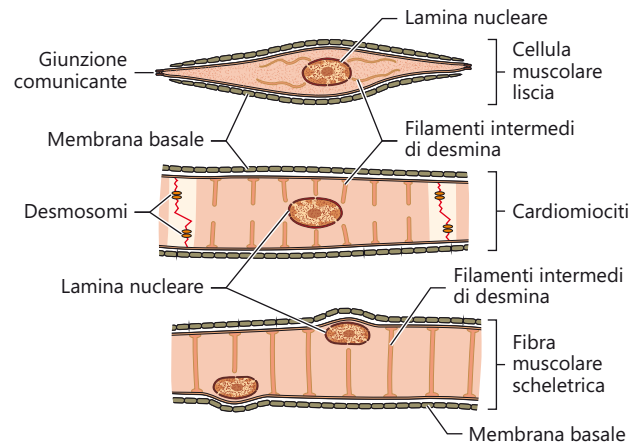
A. Fibroblasto e suo citoscheletro: rappresentazione schematica.



B. Cellula epiteliale e suo citoscheletro: rappresentazione schematica.



C. Ultrastruttura di un neurone: rappresentazione schematica.



D. Tipi di cellule muscolari con i relativi citoscheletri: rappresentazione schematica.

delle cortecce cerebrale e cerebellare, in raggruppamenti definiti a livello dei nuclei cerebrali, in colonne a livello del midollo spinale), mentre i fasci di cavi conduttori sono costituiti da associazioni di assoni circondati da mielina che formano la sostanza bianca sia dell'encefalo sia del midollo spinale. Nel

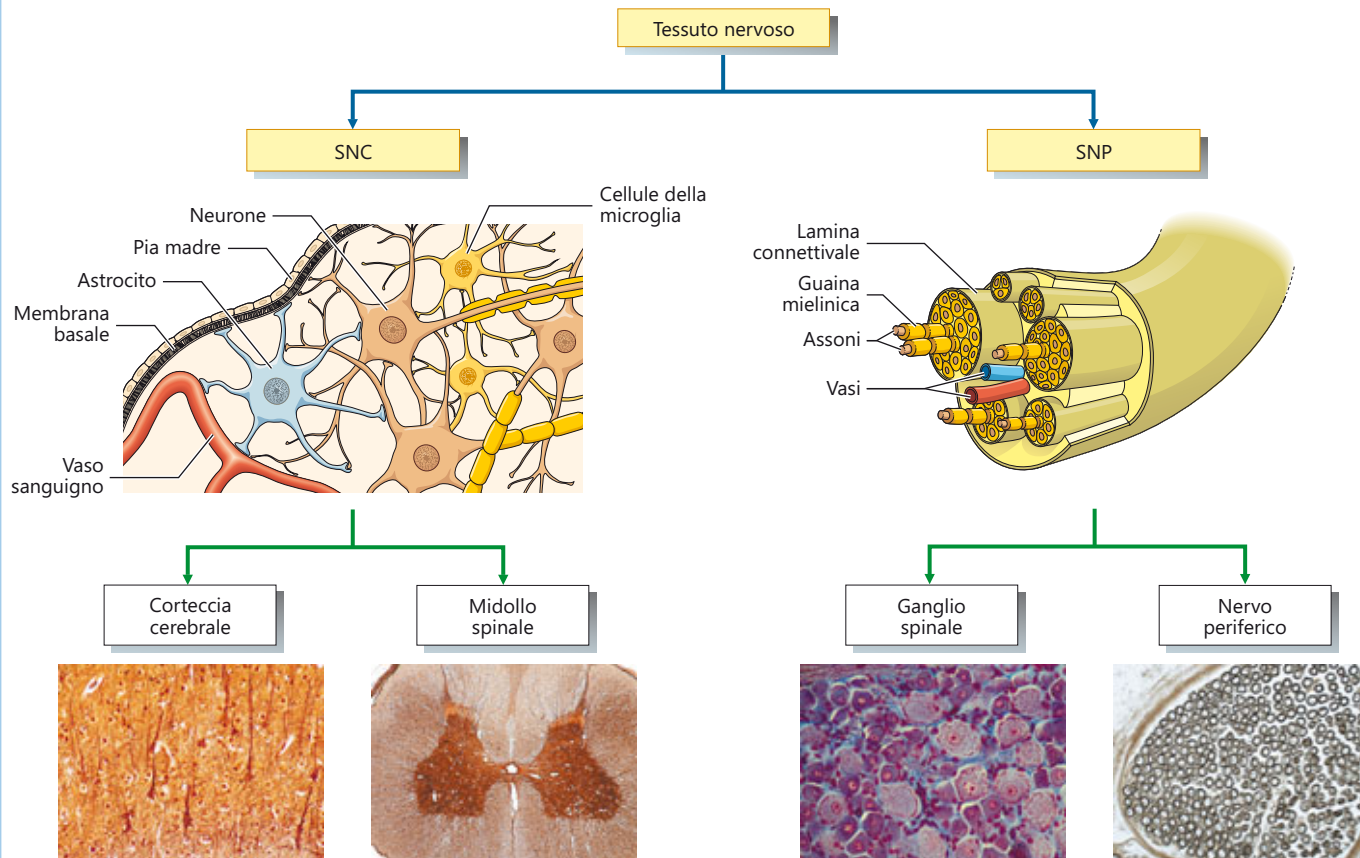
tessuto nervoso periferico gli elementi del circuito sono rappresentati dai neuroni concentrati a livello dei gangli, mentre i nervi sono costituiti esclusivamente da fasci di assoni. La struttura del tessuto nervoso dipende sia dalle interazioni tra gli elementi cellulari, che formano tra loro dispositivi giun-

1.6

Tessuto nervoso: classificazione e citotipi

L'organizzazione del **tessuto nervoso** dipende da **cellule gliali** con funzioni trofiche e di supporto. Il sistema nervoso centrale comprende le strutture nervose presenti all'interno del neurocranio e del canale vertebrale, mentre il sistema nervoso periferico è costituito da nervi e gangli.

Le cellule di supporto presenti nel sistema nervoso centrale prendono il nome di **cellule della neuroglia**, mentre nel sistema nervoso periferico si trovano i **neurolemmociti** e le **cellule satelliti**; i primi si organizzano intorno agli **assoni** che decorrono all'interno dei nervi, le seconde a circondare aggregati di neuroni presenti nell'ambito del sistema nervoso periferico (**gangli**).



A. Sistema nervoso centrale. Nel tessuto del sistema nervoso centrale (SNC) sono presenti i corpi cellulari dei neuroni, i cui assoni sono in parte rivestiti da cellule gliali (oligodendrociti), mentre gli astrociti provvedono a stabilire connessioni trofiche con i vasi sanguigni.

B. Sistema nervoso periferico. Nel sistema nervoso periferico (SNP), fasci di assoni sono ricoperti da guaina mielinica a opera dei neurolemmociti (o cellule di Schwann) e delimitati da strutture connettivali vascolarizzate.

zionali del tutto specifici (sinapsi), sia dalla presenza della ECM elaborata da cellule gliali e neurolemmociti.

Il **fenotipo delle cellule nervose** (Fig. 1.5 C) è caratterizzato dalla presenza di un numero variabile di espansioni citoplasmatiche di tipo dendritico e dall'emissione di un unico prolungamento assonico, di lunghezza variabile. Questa organizzazione dipende dalla presenza di un complesso sistema citoscheletrico, costituito da vari tipi di neurofilamenti (neurofilamenti L, M e H) nei neuroni, e dai filamenti gliali (*glial fibrillary acidic protein*, GFAP) negli astrociti. Negli assoni, oltre ai filamenti intermedi, è presente un sistema di traspor-

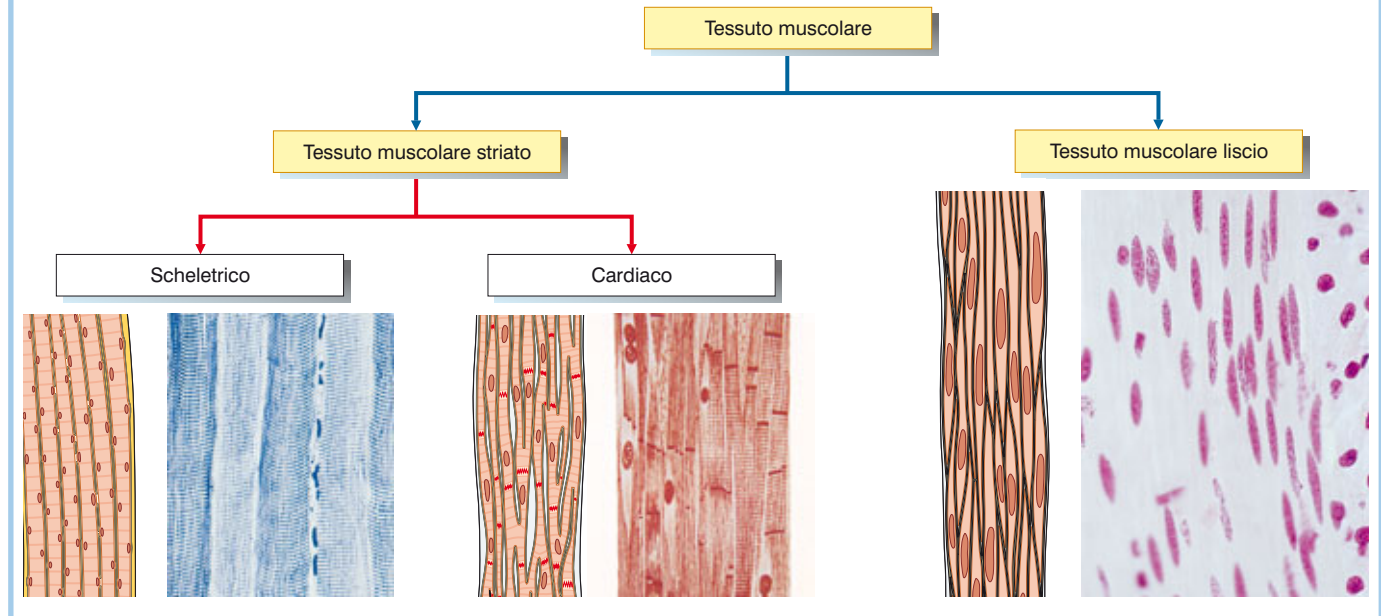
to costituito da fasci di microtubuli. Tra i vari citotipi del tessuto nervoso, neuroni e cellule gliali, l'adesione è mediata da molecole di adesione neuronale (*neural cell-adhesion molecule*, NCAM), mentre i rapporti funzionali tra neuroni e tra essi e altri tipi cellulari si realizza mediante contatti sinaptici.

I **tessuti muscolari** presentano una struttura tridimensionale paragonabile a quella di *nastri a lunghezza variabile*, che possono essere allungati passivamente ma che si accorciano in maniera attiva se sottoposti a stimoli (Fig. 1.7). Nei diversi tipi di tessuto muscolare, queste strutture sono costituite da elementi cellulari di forma cilindrica che si connettono longi-

1.7

Tessuto muscolare: classificazione e citotipi

Il **tessuto muscolare** è caratterizzato dalla capacità contrattile degli elementi cellulari che lo compongono. Ciascuna **cellula contrattile** si avvale di complessi molecolari formati da filamenti di **actina** e **miosina** e da varie proteine accessorie. Il tipo di proteine accessorie e l'organizzazione del complesso molecolare contrattile varia secondo il tipo di cellula muscolare. Nelle cellule dei muscoli scheletrici e del muscolo cardiaco, questi complessi molecolari si organizzano in strutture ordinate che presentano un caratteristico bandeggio o striatura (**tessuto muscolare striato**); nella muscolatura associata alla gran parte dei visceri, prevale, invece, un'organizzazione meno ordinata che non mostra striatura (**tessuto muscolare liscio**).



tudinalmente (tessuto miocardico), o da cellule fusiformi che si connettono sia lateralmente sia longitudinalmente (tessuto muscolare liscio), o da enormi elementi cellulari, derivati dalla fusione di singole cellule fusiformi, che si associano parallelamente tra loro (tessuto muscolare scheletrico). La struttura del tessuto dipende sia dalle interazioni giunzionali tra gli elementi cellulari, sia dalla presenza di ECM tra le cellule; infatti, ogni elemento cellulare è circondato da una membrana basale, mentre gruppi di cellule muscolari sono circondati da guaine di tessuto connettivo lasso vascolarizzato.

Il **fenotipo dei tre tipi di cellule muscolari** (Fig. 1.5 D) dipende dall'organizzazione degli elementi citoscheletrici; questi elementi presentano una configurazione simile nei tessuti muscolari cardiaco e scheletrico, anche se, in quest'ultimo, la dimensione delle cellule necessita di un'organizzazione ancora più complessa. La distribuzione ordinata dei microfilamenti contrattili all'interno del citoplasma richiede l'interazione tra elementi citoscheletrici, rappresentati da desmina e alcune proteine accessorie (plectina, α B-cristallina), e complessi molecolari associati alla membrana plasmatica (laminina-distroglicano-distrofina); tale assetto non è invece presente nelle cellule muscolari lisce, nelle quali il citoscheletro,

formato da desmina e vimentina, organizza i filamenti contrattili stabilendo contatti con la membrana plasmatica, in corrispondenza di complessi che contengono α -actinina. Gli elementi cellulari stabiliscono tra loro rapporti giunzionali: tramite giunzioni comunicanti tra le cellule muscolari lisce e tramite desmosomi, giunzioni aderenti e giunzioni comunicanti tra i cardiomiociti, mentre tali rapporti giunzionali non esistono tra le cellule muscolari scheletriche.

CARATTERISTICHE ISTOLOGICHE DEGLI ORGANI DEL SISTEMA STOMATOGNATICO*

Il sistema digerente comunica con l'esterno tramite la **bocca**, che comprende labbra, guance, gengive, lingua e palato, strutture che sono ricoperte da una tonaca mucosa costituita

* Molte osservazioni riportate in questo paragrafo saranno da approfondire nei Capitoli dedicati alle singole componenti del sistema stomatognatico.

da *epitelio squamoso stratificato* che poggia sul tessuto connettivo della lamina propria, mentre la tonaca sottomucosa è presente solo in alcune regioni.

Il **labbro** presenta un versante cutaneo, con epitelio pluristratificato e cheratinizzato, dotato di follicoli piliferi, ghiandole sudoripare e sebacee. In corrispondenza con il margine libero del labbro, la cute si assottiglia e risulta priva di follicoli piliferi e ghiandole sudoripare, facendo trasparire il letto capillare (parte rosea). Il versante mucoso è ricoperto da epitelio pavimentoso stratificato non cheratinizzato; nella lamina propria sono presenti ghiandole labiali a secrezione sieromucosa. La tonaca mucosa del labbro continua con quella delle **guance** e con le **gengive**; la lamina propria, densa, e la tonaca sottomucosa rendono possibile un solido attacco o al piano muscolare (guance), o a quello osseo (gengive).

Il **palato duro** è ricoperto da epitelio pavimentoso stratificato cheratinizzato simile a quello gengivale; la tonaca sottomucosa è presente centralmente ma diminuisce progressivamente nella regione di connessione alla gengiva. La tonaca mucosa risulta connessa al periostio tramite fasci di fibre collagene presenti nella tonaca sottomucosa.

Il **palato molle** e l'**uvula** sono rivestiti da epitelio pavimen-

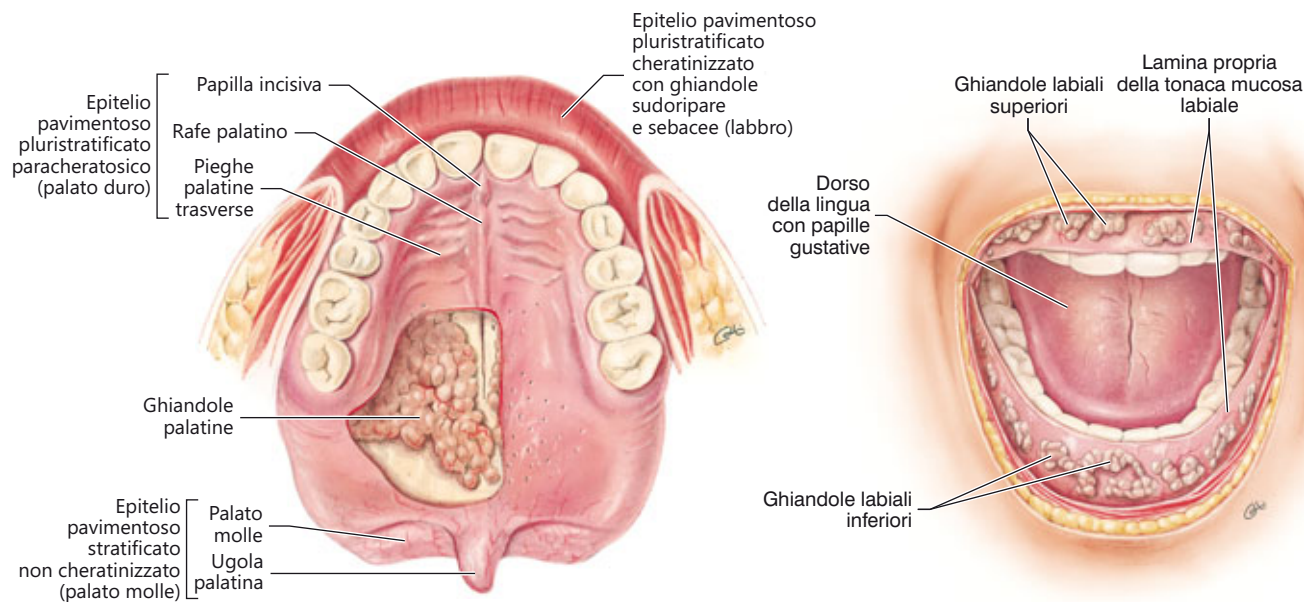
to stratificato non cheratinizzato; la tonaca sottomucosa è lassa e presenta ghiandole sieromucose; sono anche presenti fibrocellule muscolari scheletriche.

La **lingua** è un organo muscolo-membranoso coinvolto in molteplici funzioni: deglutizione, fonazione, sensazioni gustative. I due terzi anteriori della lingua presentano tre strati di **muscolatura striata** (longitudinale, trasversale, obliquo); il terzo posteriore è caratterizzato da aggregati di tessuto linfatico (**tonsille linguali**). La superficie ventrale della lingua è ricoperta da epitelio pavimentoso stratificato non cheratinizzato simile a quello del pavimento della bocca; la tonaca propria è poco vascolarizzata e dotata di poche ghiandole mucose; la tonaca sottomucosa è assente. La superficie dorsale della lingua è invece estremamente differenziata nelle diverse regioni, per la presenza di rilievi mucosi, che assumono forme caratteristiche (**papille**) e che possono ospitare recettori del gusto o **calici gustativi** e/o sbocchi di ghiandole salivari. In assenza di una tonaca sottomucosa, la lamina propria, formata da tessuto connettivo lasso con fibre elastiche, unisce l'epitelio alla componente muscolare. Nel contesto della lamina propria sono presenti **ghiandole linguali** e **aggregati di tessuto linfatico**, oltre a vasi e nervi (Fig. 1.8).

1.8

Caratteristiche istologiche della cavità orale

Le tonache mucose della cavità orale presentano alcune caratteristiche peculiari; la **paracheratinizzazione** (distretti sottoposti ad abrasione); associazioni tra **ghiandole** e **tessuto linfatico** (drenaggio e immunosorveglianza); presenza di recettori specializzati: **papille** e **calici gustativi**.



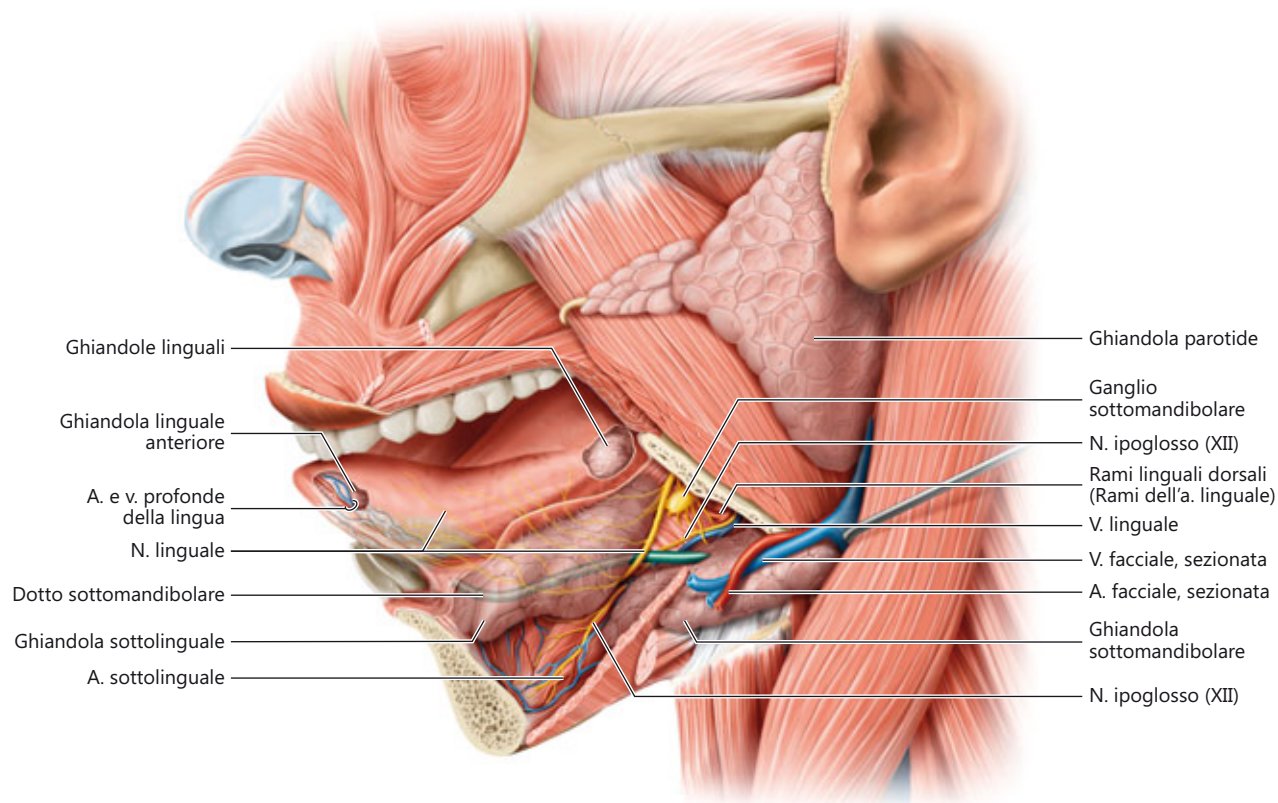
A. Cavità orale, sezione dorsale. Sono indicate tre tipologie epiteliali: epitelio pavimentoso pluristratificato cheratinizzato con ghiandole sudoripare e sebacee (labbro); epitelio pavimentoso pluristratificato paracheratosico (palato duro); epitelio pavimentoso stratificato non cheratinizzato (palato molle).

B. Cavità orale, visione anteriore. Nell'ambito della tonaca sottomucosa della tonaca mucosa labiale sono presenti piccole ghiandole (labiali superiori e inferiori). La superficie superiore della lingua, presenta strutture caratteristiche: papille con calici gustativi, nelle quali sboccano le ghiandole salivari linguali.

1.9

Componente ghiandolare del sistema stomatognatico

La componente ghiandolare (**ghiandole salivari maggiori e minori**) che ha il compito di secernere il fluido salivare contenente enzimi digestivi, mucine lubrificanti, e fattori per i sistemi di difesa innata e anticorpale, è irrorata da un complesso **sistema vascolare** e innervata dal **sistema nervoso autonomo**.



Cavità orale dopo rimozione di parte del corpo sinistro della mandibola, visione laterale. Sono evidenziate le logge entro le quali sono ospitate la ghiandola parotide e la ghiandola sottomandibolare, e le ghiandole sottomandibolari anteriore e posteriore. Sono indicati gangli, nervi e vasi che fanno capo alle ghiandole salivari e alla lingua.

I tessuti della bocca, quindi, oltre a svolgere funzioni di barriera nei confronti delle particelle di cibo sottoposte alla masticazione e di difesa, tramite sostanze antibatteriche, antimicotiche e anticorpi presenti nella saliva, svolgono anche attività peculiari quali la trasduzione di segnali chimici in segnali nervosi (sensazioni gustative), e sono coinvolti nelle fasi iniziali del processo della digestione, tramite enzimi (amilasi) prodotti dalle ghiandole salivari. Gli epiteli di rivestimento della bocca presentano analogie con gli epiteli pavimentosi pluristratificati della cute, ma anche caratteristiche peculiari, quali la **paracheratinizzazione** (cioè il mantenimento del nucleo cellulare nelle cellule in desquamazione; cfr. **Fig. 8.11 D**) e, a livello della gengiva aderente, la presenza di una duplice membrana basale consente a questo tipo specializzato di epitelio (**epitelio giunzionale**) di aderire alla superficie della corona del dente, impedendo l'accesso di agenti

esogeni nello spazio del parodonto. Anche le componenti fibrillari dei tessuti connettivi della bocca, e in particolare quelle del legamento parodontale, presentano caratteristiche peculiari. Tali fibre, costituite da fasci di fibrille collagene di tipo I, infatti, risultano inserite in due tipi diversi di tessuti mineralizzati, il cemento che ricopre la radice e l'osso alveolare, dando origine a una particolare tipologia di articolazione, la **sindesmosi dentoalveolare** o **gonfosi**, che consente minimi spostamenti del dente entro la cavità alveolare e che trasmette forze capaci di attivare fenomeni di riassorbimento e neodeposizione di tessuto osseo, che si verificano sia nel corso dell'eruzione sia in risposta a forze ortodontiche.

La **componente ghiandolare** annessa al sistema stomatognatico, costituita dalle ghiandole salivari maggiori e minori, presenta profonde analogie, sia di sviluppo sia strutturali, con altre ghiandole esocrine, e in particolare con il pancreas (**Fig.**