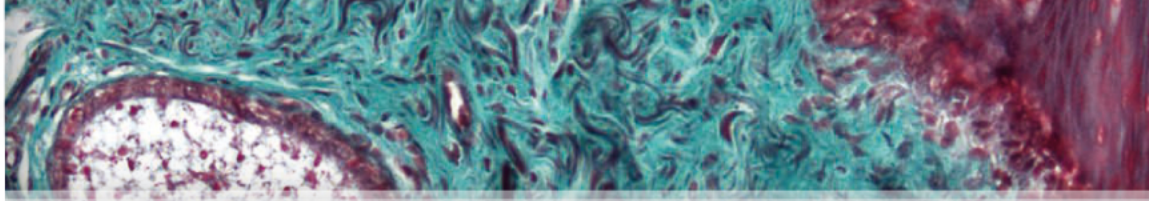


Comprende versione
ebook



Isabella Dalle Donne

Citologia e Istologia

II Edizione

Simone **Beninati**

Patrizia **Bonfanti**

Ugo **Borello**

Maria Violetta **Brundo**

Patrizia **Cancemi**

Anita Emilia **Colombo**

Isabella **Dalle Donne**

Maria **De Falco**

Luciana **Dini**

Livia **Lucentini**

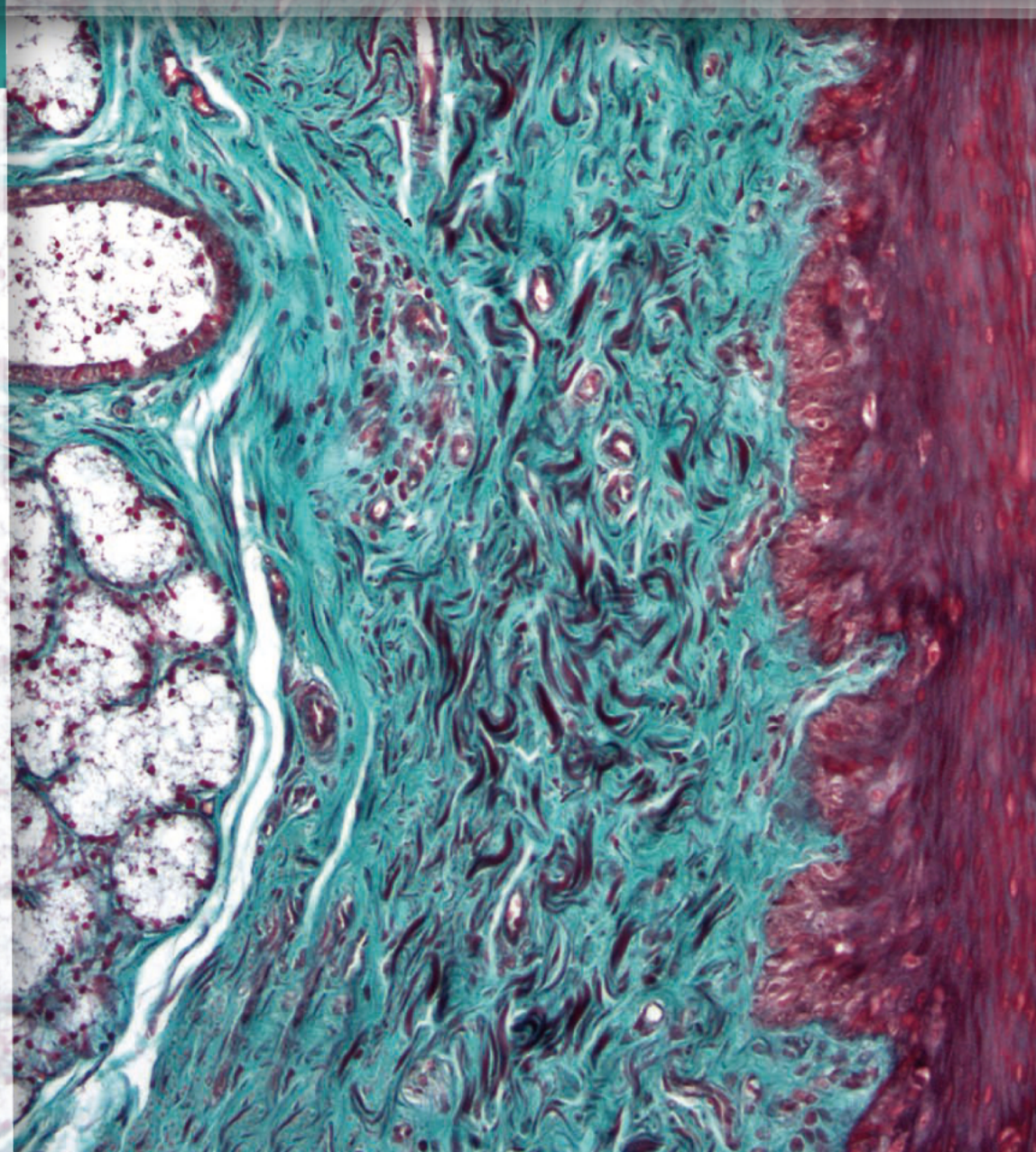
Maria **Maisano**

Aldo **Milzani**

Marina **Paolucci**

Enrico **Tongiorgi**

Francesco **Vanzi**



Accedi ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**
e si **adatta** alle dimensioni
del **tuo lettore!**



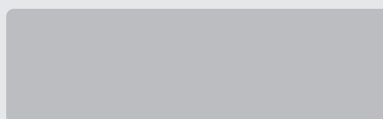
COLLEGATI AL SITO
EDISES.IT

ACCEDI AL
MATERIALE DIDATTICO

SEGUI LE
ISTRUZIONI

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it** e accedere ai contenuti digitali.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie



Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.
L'**accesso ai contenuti digitali** sarà consentito **per 18 mesi**.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edises.it** e segui queste semplici istruzioni

Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci email e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito **edises.it**
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edises.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



I contenuti digitali sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere all'**Ebook**, ovvero la versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.

L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per **18 mesi**.

Citologia e Istologia

Isabella Dalle Donne

II Edizione

Citologia e Istologia - II Edizione

Isabella Dalle Donne

Copyright © 2025, EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2029 2028 2027 2026 2025

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.

Fotocomposizione:

Fotocomposizione TPM Sas - Città di Castello (PG)

Stampato presso:

Tipografia Sograte S.r.l.

Zona Ind. Regnano - Città di Castello (PG)

Per conto della

EdiSES Edizioni S.r.l. - Piazza Dante, 89 - Napoli

www.edises.it

assistenza.edises.it

ISBN 978 88 3623 2222

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma assistenza.edises.it

*Questa nuova edizione è dedicata al prof. Aldo Milzani,
Università degli Studi di Milano, che è stato uno dei promotori
e principali sostenitori di questa iniziativa editoriale,
alla quale ha dedicato molta passione e impegno.*

Autori

Simone BENINATI

Università degli Studi di Roma – Tor Vergata

Patrizia BONFANTI

Università degli Studi di Milano – Bicocca

Ugo BORELLO

Università degli Studi di Pisa

Maria Violetta BRUNDO

Università degli Studi di Catania

Patrizia CANCEMI

Università degli Studi di Palermo

Anita Emilia COLOMBO

Università degli Studi di Milano – Bicocca

Isabella DALLE DONNE

Università degli Studi di Milano

Maria DE FALCO

Università degli Studi di Napoli – Federico II

Luciana DINI

Università degli Studi di Roma – La Sapienza

Livia LUCENTINI

Università degli Studi di Perugia

Maria MAISANO

Università degli Studi di Messina

Aldo MILZANI †

Università degli Studi di Milano

Marina PAOLUCCI

Università degli Studi del Sannio

Enrico TONGIORGI

Università degli Studi di Trieste

Francesco VANZI

Università degli Studi di Firenze

Coordinamento e revisione a cura di

Isabella DALLE DONNE – Università degli Studi di Milano

Si ringrazia Saturnino Spiga per la partecipazione alla precedente edizione del volume.

Prefazione

Gli studenti devono disporre di testi chiari, accessibili e stimolanti, che rendano lo studio un'esperienza gradevole e coinvolgente. Anche in questa nuova edizione, il nostro obiettivo è fornire un supporto adeguato per la preparazione dell'esame universitario di Citologia e Istologia, il quale prevede, per tradizione, una prova preliminare di riconoscimento microscopico di cellule e tessuti. Questo trattato continua a rappresentare una solida base di studio anche per gli studenti degli anni successivi del Corso di Laurea, utile per affrontare discipline affini.

La cellula, unità fondamentale degli organismi viventi, resta il fulcro di tutti i processi biologici e patologici. Pertanto, lo scopo primario di questo volume è presentare i principi fondamentali dell'organizzazione e delle funzioni delle cellule e dei tessuti, fornendo un quadro chiaro e dettagliato di questi aspetti.

Questa seconda edizione è stata attentamente revisionata, aggiornata e completata, arricchendola di nuovi contenuti e immagini per favorire un apprendimento più efficace. La struttura generale del testo è rimasta simile alla precedente, mantenendo un'organizzazione logica e progressiva degli argomenti. Tuttavia, ai fini di una maggiore chiarezza espositiva, si è ritenuto opportuno suddividere il precedente capitolo 17 in due capitoli distinti (Capitolo 17 Sangue e Capitolo 18 Tessuto linfoide), così da agevolare lo studio e la comprensione delle tematiche trattate.

Gli Autori di questo volume hanno acquisito un'ampia esperienza nell'insegnamento della Citologia e Istologia, Anatomia umana e comparata, Biologia cellulare e dello sviluppo in diverse Università italiane. Anche in questa edizione, molte immagini di istologia e ultrastruttura cellulare sono tratte direttamente da preparati utilizzati nei Corsi universitari di Citologia e Istologia, Anatomia, Biologia generale e Biologia cellulare e dello sviluppo, frequentati dagli studenti di Scienze Biologiche, Scienze Naturali, Farmacia, Biotecnologie, Medicina e Chirurgia.

Ogni argomento è esposto in modo semplice ma rigoroso, con un'analisi dettagliata degli elementi strutturali e ultrastrutturali che caratterizzano la cellula e i tessuti animali, approfondendone gli aspetti morfologici, molecolari e funzionali. Sono inoltre trattati i principali meccanismi di trasmissione dell'informazione all'interno della cellula e tra generazioni cellulari, la riproduzione sessuata, la meiosi, l'inizio dello sviluppo embrionale, il differenziamento e la morte cellulare.

La prima parte del volume è dedicata alla composizione chimica delle cellule e dei tessuti, all'organizzazione generale del protoplasma e ai principali metodi di studio morfologico. L'ultima parte approfondisce invece le caratteristiche strutturali e funzionali dei tessuti animali e l'organizzazione delle cellule nei diversi tipi di tessuto.

Come nella precedente edizione, la trattazione è accompagnata da un'ampia iconografia, arricchita di nuove immagini e schemi, con l'intento di facilitare la comprensione e la memorizzazione degli argomenti. Ogni immagine è corredata di una didascalia dettagliata che aggiunge informazioni utili per la comprensione delle strutture e dei processi descritti. Inoltre, il confronto tra immagini a basso e alto ingrandimento permette agli studenti di affinare le proprie capacità di riconoscimento microscopico, rendendo l'apprendimento più efficace.

Ci auguriamo che questa nuova edizione possa continuare a rappresentare un valido strumento di studio e approfondimento per tutti gli studenti interessati alla Citologia e Istologia.

Gli Autori

Indice generale

Capitolo 1

Componenti chimici di cellule e tessuti

1.1	Energia dei sistemi biologici	2
1.1.1	Primo principio della termodinamica	2
1.1.2	Secondo principio della termodinamica	2
1.1.3	Entropia	3
1.1.4	Energia libera di un sistema	3
1.1.5	Entalpia	4
1.2	Materia	4
1.3	Atomo	5
1.3.1	Orbitali atomici	6
1.4	Legami chimici	7
1.5	Acqua	8
1.6	Acidi e basi	9
1.7	pH	11
1.8	Soluzioni tampone	11
1.8.1	Meccanismo d'azione delle soluzioni tampone	12
1.9	Carbonio	12
1.10	Lipidi	14
1.10.1	Funzione dei lipidi	15
1.10.2	Lipidi semplici	16
1.10.3	Lipidi complessi	17
1.10.4	Lipidi derivati	20
1.11	Glucidi	22
1.11.1	Monosaccaridi	23
1.11.2	Disaccaridi	24
1.11.3	Oligosaccaridi	24
1.11.4	Polisaccaridi	24
1.12	Amminoacidi	25
1.12.1	Isomeria degli amminoacidi	25
1.12.2	Amminoacidi essenziali	27
1.13	Proteine	27
1.13.1	Modificazioni post-traduzionali delle proteine	31
1.14	Acidi nucleici	32
1.14.1	DNA	32
1.14.2	RNA	34
1.15	Il dogma centrale	34

Capitolo 2

Tecniche per lo studio di cellule e tessuti

2.1	Teoria cellulare	36
2.2	Caratteristiche generali delle cellule	37
2.2.1	Cellule procariotiche ed eucariotiche	38
2.2.2	Organizzazione generale, varietà di forme e dimensioni delle cellule	39
2.3	Prelievo e conservazione di campioni di cellule e tessuti	40
2.4	Allestimento dei preparati per la microscopia ottica	40
2.4.1	Fissazione	40
2.4.2	Disidratazione e diafanizzazione	41
2.4.3	Inclusione	41

2.4.4	Taglio	41
2.4.5	Altre tecniche di preparazione del campione	42
2.4.6	Colorazione e montaggio	43
2.5	Culture cellulari	56
2.6	Ibridazione <i>in situ</i>	56
2.7	Allestimento dei preparati per la microscopia elettronica	57
2.8	Microscopio ottico	59
2.8.1	Microscopio semplice	59
2.8.2	Microscopio ottico e concetti di microscopia	61
2.8.3	Anatomia del microscopio ottico	62
2.8.4	Microscopi ottici utilizzati per studiare le cellule colorate o vive	64
2.9	Microscopio confocale	65
2.10	Microscopio elettronico	67

Capitolo 3

Virus e batteri

3.1	Virus	72
3.1.1	Virus delle cellule batteriche o batteriofagi	75
3.1.2	Virus delle cellule animali	79
3.2	Procarioti	85
3.2.1	Classificazione dei procarioti	86
3.2.2	Caratteristiche delle cellule batteriche	91
3.2.3	Riproduzione e trasferimento dell'informazione genetica nei batteri	97

Capitolo 4

Membrane cellulari

4.1	Caratteristiche generali	102
4.2	Lipidi di membrana	103
4.2.1	Fluidità delle membrane biologiche	104
4.2.2	Spessore della membrana e microdomini	107
4.2.3	Forma dei lipidi e curvatura di membrana	108
4.2.4	Asimmetria	110
4.3	Proteine di membrana	111
4.3.1	Modello a "mosaico fluido"	114
4.4	Carboidrati di membrana	120
4.5	Permeabilità della membrana	121
4.6	Meccanismi di trasporto attraverso la membrana	123
4.6.1	Pompe ioniche	124
4.6.2	Trasportatori	126
4.6.3	Canali ionici	128
4.6.4	Potenziale di membrana	129
4.7	Recettori di membrana e ligandi	130

Capitolo 5

Involucro nucleare, compartimentazione e organuli citoplasmatici

5.1	Citosol e sistema membranoso citoplasmatico	134
5.2	Struttura e funzione del nucleo cellulare	135
5.2.1	Involucro nucleare e pori nucleari	136

[X] Indice generale

5.2.2	Nucleoplasma	140
5.2.3	Nucleolo	140
5.3	Trascrizione e traduzione	141
5.3.1	Trascrizione	146
5.3.2	Modificazioni post-trascrizionali (maturazione) degli RNA negli eucarioti	148
5.3.3	Traduzione	155
5.4	Ribosomi e poliribosomi	163
5.5	Ripiegamento delle proteine e modificazioni post-traduzionali	166
5.6	Degradazione delle proteine	168
5.7	Smistamento delle proteine nei diversi compartimenti cellulari	169
5.8	Reticolo endoplasmatico	172
5.8.1	Reticolo endoplasmatico rugoso (RER)	174
5.8.2	Reticolo endoplasmatico liscio (REL)	183
5.9	Smistamento delle proteine nei mitocondri	187
5.10	Apparato di Golgi	191
5.10.1	Funzioni dell'apparato di Golgi	191
5.11	Lisosomi	195
5.11.1	Enzimi lisosomali e indirizzamento delle proteine al lisosoma	195
5.11.2	I lisosomi degradano materiale che deriva da vie differenti	197
5.11.3	Malattie da accumulo lisosomale	197
5.11.4	Lisosomi secretori	198
5.12	Traffico vescicolare intra- ed extracellulare	198
5.12.1	Meccanismo di formazione e distacco delle vescicole	199
5.12.2	Esocitosi, endocitosi e gemmazione	204
5.13	Turnover nella cellula	210
5.13.1	Ubiquitinazione e autofagia	211
5.14	Perossisomi	211
5.14.1	Numero, forma, dimensione e identificazione dei perossisomi	213
5.14.2	Biogenesi dei perossisomi e importazione delle proteine	213
5.14.3	Funzione dei perossisomi	214

Capitolo 6

Citoscheletro e movimento cellulare 217

6.1	Caratteristiche generali	218
6.2	Microfilamenti	219
6.3	Microtubuli	228
6.3.1	Centrioli	232
6.3.2	Assonema, ciglia e flagelli	233
6.4	Filamenti intermedi	236
6.5	Motori molecolari	238
6.5.1	Miosine	238
6.5.2	Chinesine e dineine	240

Capitolo 7

Metabolismo energetico e mitocondri 243

7.1	Metabolismo energetico della cellula	244
7.1.1	Reazioni di ossido-riduzione	246
7.2	Mitocondrio	247
7.2.1	Struttura del mitocondrio	248
7.2.2	Genoma mitocondriale	248
7.2.3	Trasporto mitocondriale	249
7.2.4	Respirazione cellulare	250
7.2.5	Termogenesi	256

7.2.6	Origine del mitocondrio: la teoria endosimbiontica	258
-------	--	-----

Capitolo 8

Adesione e comunicazione cellulare 261

8.1	Riconoscimento e interazioni tra cellule	262
8.2	Giunzioni cellula-cellula	268
8.2.1	Giunzioni occludenti	269
8.2.2	Giunzioni aderenti	271
8.2.3	Desmosomi	271
8.2.4	Giunzioni comunicanti	273
8.2.5	Plasmodesmi	275
8.3	Giunzioni cellula-matrice extracellulare	275
8.4	Comunicazione tra cellule e trasduzione del segnale	278
8.4.1	Recettori intracellulari (molecole segnale extracellulari idrofobe)	281
8.4.2	Recettori di membrana o di superficie (molecole segnale extracellulari idrofile)	284
8.4.3	Recettori accoppiati a proteine G	285
8.4.4	Recettori accoppiati a enzimi	291
8.5	Migrazione cellulare	293
8.5.1	Movimento cellulare	293
8.5.2	Migrazione cellulare attraverso i tessuti	296
8.5.3	Migrazione tumorale	297
8.5.4	Movimenti morfogenetici	298

Capitolo 9

Nucleo, cromosomi e ciclo cellulare 301

9.1	Struttura della cromatina	302
9.1.1	Istoni e organizzazione del DNA eucariotico	305
9.2	Cromosomi metafasici, cariotipo e kariogramma umano	308
9.2.1	Cromosomi metafasici	308
9.2.2	Cariotipo e kariogramma umano	313
9.3	Nucleolo e sintesi degli RNA ribosomali	316
9.4	Replicazione del DNA	321
9.4.1	Replicazione semiconservativa	321
9.4.2	Fase di inizio della replicazione, origini di replicazione e forcella di replicazione	324
9.4.3	DNA polimerasi	328
9.4.4	La forcella di replicazione è asimmetrica	329
9.4.5	A livello della forcella di replicazione un gruppo di proteine agisce in sinergia come una macchina replicativa	333
9.4.6	Struttura della cromatina e replicazione	333
9.4.7	Telomeri e telomerasi: il mantenimento delle estremità dei cromosomi eucariotici	333
9.4.8	Riparazione del DNA	336
9.5	Ciclo cellulare eucariotico e sua regolazione	337
9.5.1	Fasi del ciclo cellulare	338
9.5.2	Durata del ciclo cellulare	340
9.5.3	Sistema di controllo del ciclo cellulare: punti di controllo	341
9.5.4	Controllo molecolare del ciclo cellulare: cicline e chinasi dipendenti da ciclina	343
9.5.5	Controllo extracellulare del ciclo cellulare	345
9.6	Divisione cellulare delle cellule eucariotiche: la fase M	346
9.6.1	Mitosi	346
9.6.2	Citocinesi	358

Capitolo 10**Meiosi, riproduzione sessuale e differenziamento**

10.1	Meiosi	364
10.1.1	<i>Meiosi I</i>	365
10.1.2	<i>Meiosi II</i>	367
10.2	Gametogenesi nei mammiferi	367
10.2.1	<i>Spermatogenesi</i>	368
10.2.2	<i>Ovogenesi</i>	368
10.3	Gameti e fecondazione	370
10.3.1	<i>Spermatozoo</i>	370
10.3.2	<i>Cellula uovo</i>	371
10.3.3	<i>Fecondazione</i>	372
10.4	Prime fasi dello sviluppo	373
10.4.1	<i>Prime fasi dello sviluppo embrionale nei mammiferi</i>	374
10.5	Differenziamento, rinnovamento cellulare e omeostasi tissutale	376
10.5.1	<i>Differenziamento cellulare</i>	377
10.5.2	<i>Rinnovamento e omeostasi tissutale</i>	380
10.5.3	<i>Morte cellulare</i>	386

Capitolo 11**Principi costruttivi degli organi**

11.1	Dai tessuti agli apparati e ai sistemi	396
11.2	Organi a struttura fibrosa	396
11.3	Organi parenchimatosi	398
11.4	Organi cavi	399
11.4.1	<i>Organi cavi viscerali</i>	399
11.4.2	<i>Cute</i>	402
11.4.3	<i>Organi cavi vascolari</i>	405

Capitolo 12**Epiteli di rivestimento**

12.1	Caratteristiche generali degli epiteli	408
12.2	Caratteristiche citologiche delle cellule epiteliali	409
12.2.1	<i>Citoscheletro delle cellule epiteliali</i>	409
12.2.2	<i>Specializzazioni della superficie apicale</i>	413
12.2.3	<i>Specializzazioni della superficie basale</i>	413
12.2.4	<i>Specializzazioni della superficie laterale (giunzioni cellulari)</i>	414
12.2.5	<i>Polarità delle cellule epiteliali</i>	416
12.3	Classificazione degli epiteli di rivestimento	416
12.3.1	<i>Correlazione morfologia-funzione</i>	418
12.3.2	<i>Epitelio pavimentoso semplice</i>	418
12.3.3	<i>Epitelio cubico semplice</i>	420
12.3.4	<i>Epitelio cilindrico semplice</i>	421
12.3.5	<i>Epitelio pseudostratificato</i>	423
12.3.6	<i>Epitelio pavimentoso pluristratificato</i>	424
12.3.7	<i>Epiteli cubico e cilindrico pluristratificati</i>	427
12.3.8	<i>Epitelio di transizione</i>	428

Capitolo 13**Epiteli ghiandolari**

13.1	Caratteristiche generali	430
13.2	Classificazione e derivazione embrionale delle ghiandole	430
13.3	Ghiandole esocrine	430
13.3.1	<i>Ghiandole esocrine unicellulari</i>	431
13.3.2	<i>Ghiandole esocrine pluricellulari</i>	432

13.4	Cellule mioepiteliali	439
13.5	Fegato	440
13.6	Ghiandole endocrine	442
13.6.1	<i>Ghiandole endocrine cordonali</i>	444
13.6.2	<i>Ghiandole follicolari</i>	450
13.6.3	<i>Ghiandole insulari</i>	452

Capitolo 14**Tessuti connettivi**

14.1	Caratteristiche generali	456
14.1.1	<i>Derivazione embrionale</i>	456
14.1.2	<i>Organizzazione dei tessuti connettivi</i>	457
14.2	Matrice extracellulare	457
14.2.1	<i>Sostanza fondamentale</i>	457
14.2.2	<i>Componente fibrillare</i>	461
14.3	Componente cellulare	467
14.3.1	<i>Fibroblasti e fibrociti</i>	467
14.3.2	<i>Macrofagi</i>	469
14.3.3	<i>Mastociti</i>	470
14.3.4	<i>Adipociti</i>	472
14.3.5	<i>Linfociti e plasmacellule</i>	473
14.3.6	<i>Cellule reticolari</i>	475
14.3.7	<i>Cellule pigmentate o cromatofori</i>	475
14.4	Membrana basale	475
14.5	Tessuti connettivi propriamente detti	476
14.5.1	<i>Tessuto connettivo fibrillare lasso o tessuto connettivo areolare</i>	476
14.5.2	<i>Tessuto connettivo fibrillare denso o compatto</i>	478
14.5.3	<i>Tessuto connettivo reticolare</i>	480
14.5.4	<i>Tessuto connettivo elastico</i>	481
14.5.5	<i>Tessuto connettivo mucoso</i>	481
14.5.6	<i>Tessuto connettivo pigmentato</i>	481
14.5.7	<i>Tessuto connettivo adiposo</i>	482

Capitolo 15**Tessuto cartilagineo**

15.1	Caratteristiche generali	485
15.2	Composizione molecolare della matrice extracellulare	486
15.3	Condroblasti e condrociti	488
15.4	Istogenesi e accrescimento della cartilagine	489
15.5	Cartilagine ialina	491
15.6	Cartilagine elastica	493
15.7	Cartilagine fibrosa	494

Capitolo 16**Tessuto osseo**

16.1	Caratteristiche generali	498
16.2	Organizzazione del tessuto osseo	498
16.3	Tipi di tessuto osseo	500
16.3.1	<i>Tessuto osseo non lamellare</i>	500
16.3.2	<i>Tessuto osseo lamellare</i>	500
16.4	Matrice extracellulare	506
16.5	Cellule del tessuto osseo	508
16.6	Periostio ed endostio	513
16.7	Istogenesi dell'osso	513
16.7.1	<i>Ossificazione intramembranosa</i>	513
16.7.2	<i>Ossificazione endocondrale</i>	514
16.8	Rimodellamento del tessuto osseo	518
16.9	Calcificazione della cartilagine e dell'osso	518

Capitolo 17

Sangue

17.1	Sistema circolatorio	522
17.2	Struttura di arterie, vene e capillari	523
17.2.1	Arterie	523
17.2.2	Vene	526
17.2.3	Capillari sanguigni	528
17.3	Funzioni e componenti del sangue	531
17.4	Globuli rossi	532
17.5	Globuli bianchi	535
17.5.1	Granulociti neutrofili	536
17.5.2	Granulociti eosinofili	538
17.5.3	Granulociti basofili	538
17.5.4	Monociti	539
17.5.5	Linfociti	541
17.6	Piastrine	546

Capitolo 18

Tessuto linfoide

18.1	Sistema linfatico e linfa	550
18.2	Midollo osseo ed emopoiesi	552
18.3	Tessuto linfoide e organi linfoidei	556
18.3.1	Timo	558
18.3.2	Linfonodi	559
18.3.3	Milza	562
18.3.4	Tessuto linfoide associato alle mucose (MALT)	566

Capitolo 19

Tessuto nervoso

19.1	Caratteristiche generali	570
19.2	Struttura del neurone e trasporto assonico	571
19.3	Classificazione dei neuroni	576
19.3.1	Classificazione morfologica	576
19.3.2	Classificazione funzionale	579
19.4	Cellule della neuroglia	580

19.5	Guaina mielinica	584
19.6	Struttura dei nervi e dei gangli	589
19.7	Conduzione dell'impulso nervoso	592
19.8	Struttura e funzione della sinapsi elettrica e della sinapsi chimica	593
19.9	Terminazioni nervose negli epiteli e nel tessuto connettivo	598
19.10	Terminazioni nervose nel tessuto muscolare scheletrico	603

Capitolo 20

Tessuto muscolare

20.1	Caratteristiche generali dei tessuti muscolari	606
20.2	Tessuto muscolare striato scheletrico	607
20.2.1	Organizzazione del tessuto muscolare striato scheletrico	607
20.2.2	Organizzazione della cellula muscolare striata scheletrica	608
20.2.3	Organizzazione delle miofibrille e dei sarcomeri	612
20.2.4	Composizione molecolare delle miofibrille	615
20.2.5	Sinapsi, o giunzione neuromuscolare o placca motrice	619
20.2.6	Meccanismo della contrazione nel muscolo striato scheletrico	620
20.2.7	Tipi di fibre muscolari	625
20.3	Tessuto muscolare striato cardiaco	626
20.3.1	Organizzazione della cellula muscolare striata cardiaca	626
20.3.2	Meccanismo della contrazione nel muscolo striato cardiaco	628
20.4	Tessuto muscolare liscio	629
20.4.1	Organizzazione della cellula muscolare liscia	631
20.4.2	Meccanismo della contrazione nel muscolo liscio	633

Indice analitico

637

13.6.1.3 Ghiandole surrenali

Le **ghiandole surrenali** si trovano sulla porzione apicale del rene e nei mammiferi sono costituite da due porzioni separate dal punto di vista funzionale, una zona esterna detta **corticale** che costituisce l'80-90% dell'organo e una zona interna detta **midollare** (**Figura 13.29**). Nei bassi vertebrati queste due porzioni possono essere anche completamente separate.

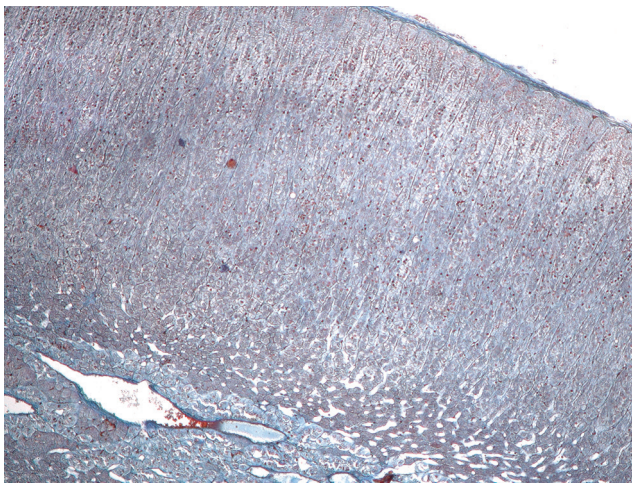
CORTICALE

La **corticale del surrene** è formata da tre zone disposte concentricamente e costituite da cordoni di cellule con una diversa disposizione spaziale: la zona glomerulare più esterna, la zona fascicolata intermedia e la zona reticolare più interna. Tutte le cellule della zona corticale hanno le caratteristiche ultrastrutturali delle cellule endocrine a secrezione steroidea, hanno un REL particolarmente sviluppato, abbondanti mitocondri con creste tubulari e numerose goccioline lipidiche sparse nel citoplasma. Le cellule della corticale del surrene producono ormoni steroidei detti corticosteroidi derivanti dal colesterolo.

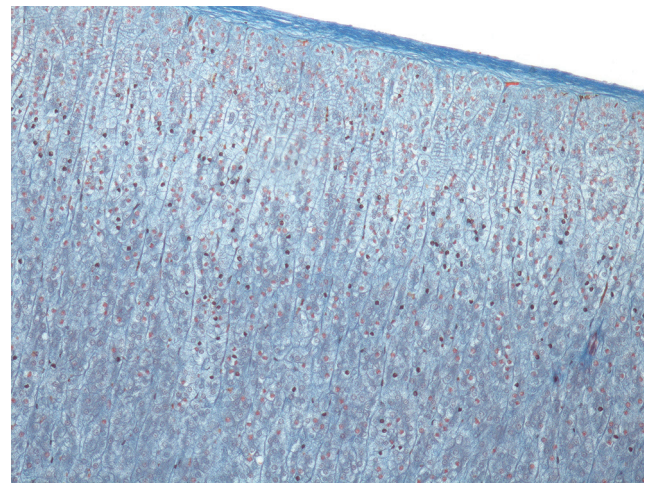
La **zona glomerulare** si trova al di sotto della capsula connettivale che avvolge l'intera ghiandola; è formata da cordoni di cellule rotondeggianti avvolti a gomito che occupano il 15% circa della zona corticale. Le cellule della zona glomerulare sono piccole e cilindriche, presentano nuclei piccoli con 1 o 2 nucleoli intensamente colorati. Il citoplasma è acidofilo e contiene abbondante REL, piccoli mitocondri, RER e apparato di Golgi estesi e numerosi ribosomi liberi. Nel cito-

plasma sono evidenti piccole gocce lipidiche. La zona glomerulare produce i **mineralcorticoidi** (principalmente *aldosterone* e *deossicorticosterone*), che regolano l'equilibrio elettrolitico dell'organismo, e in particolare, l'escrezione di sali e ioni (sodio e potassio) a livello renale. La zona più ampia (circa l'80%) è quella **fascicolata** in cui si distinguono cordoni di cellule poliedriche più grandi disposte a formare colonne o fasci paralleli fra loro e diretti verso la regione midollare (**Figura 13.30**). Le cellule di questa zona si colorano debolmente con i coloranti acidi e appaiono vacuolate per la presenza di numerose gocce lipidiche. I mitocondri sono sferici e presentano creste tubulari. Molto abbondante il REL. La zona fascicolata e in parte quella reticolare producono i **glucocorticoidi** (*corticosterone*, *cortisolo* e *cortisone*), che regolano il metabolismo dei carboidrati, delle proteine e dei lipidi. Quando i glucocorticoidi sono al di sopra dei livelli normali influenzano la risposta antinfiammatoria, inibendo l'infiltrazione di macrofagi e leucociti, sopprimono la risposta immunitaria riducendo il numero di linfociti circolanti. La produzione dei glucocorticoidi è stimolata dall'asse ipotalamo-ipofisi-surrene: l'ipotalamo secerne il CRH che stimola l'ormone ipofisario ACTH, il quale induce la produzione di glucocorticoidi.

Nella porzione più interna della corticale è presente la **zona reticolare** che rappresenta il 5% circa della ghiandola. Essa è formata da cordoni di cellule intrecciate fra loro. Le cellule sono acidofile e presentano poche gocce lipidiche disperse nel citoplasma. La zona reticolare produce bassi livelli di **ormoni sessuali maschili** (*androgeni*, *deidroandrosterone*, *androstenedione*).



A



B

Figura 13.29 ▲ Sezione di ghiandola endocrina cordonale, la ghiandola surrenale. Colorazione tricromica. **(A)** L'immagine mostra una sezione sagittale di ghiandola surrenale. Le cellule endocrine sono organizzate a formare cordoni di cellule con diversa disposizione. Nella porzione più profonda è distinguibile la porzione midollare in cui sono ben visibili diversi capillari sanguigni separati da tessuto connettivo. **(B)** Maggiore ingrandimento che mostra le tre zone che costituiscono la porzione corticale della ghiandola: la zona glomerulare formata da cordoni convoluti, posta subito al di sotto della capsula connettivale che riveste la ghiandola, la zona fascicolata formata da cordoni rettilinei, la zona reticolare con cordoni che si anastomizzano fra loro.

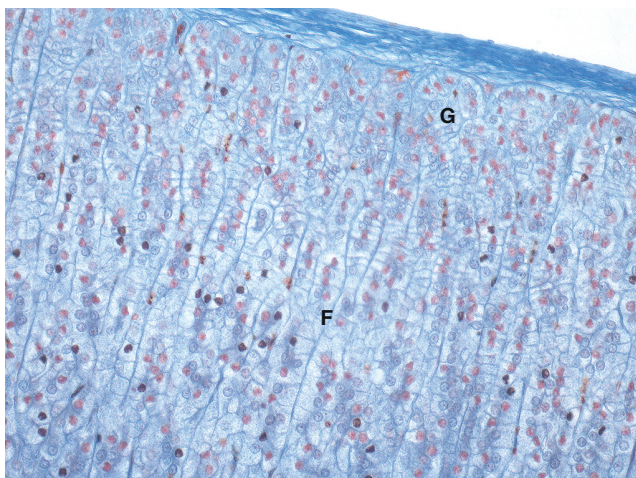


Figura 13.30 ▲ Sezione di ghiandola surrenale. Colorazione tricromica. Maggiore ingrandimento che mostra la zona glomerulare (G) composta da cellule rotondeggianti con nucleo euromatico ben evidente. Tali cellule formano cordoni convoluti. Inferiormente ad esse le cellule formano cordoni a disposizione parallela che caratterizzano la zona fasciculata (F). Le cellule appaiono poliedriche e poco colorabili per la presenza nel citoplasma di numerose gocce lipidiche. Esili setti connettivali separano le cellule dai capillari sanguigni che irrorano la ghiandola. Da notare la spessa capsula di tessuto connettivo che riveste la ghiandola esternamente.

MIDOLLARE

La **midollare del surrene** è formata da una popolazione di cellule denominate **cromaffini**, che sono organizzate a formare gruppi, separati da uno stroma reticolare ricco di capillari fenestrati (**Figura 13.31**). Le cellule cromaffini (così chiamate perché si colorano intensamente in marrone scuro con sali cromaffini) sono rotondeggianti, epitelioidi e sono caratterizzate dalla presenza di numerose vescicole di piccole

medie dimensioni. Le cellule cromaffini presentano poco RER, un apparato di Golgi ben sviluppato e numerosi mitocondri. Gli ormoni prodotti da tali cellule sono le **catecolammine** *adrenalina* e *noradrenalina* (dette anche epinefrina e norepinefrina), che svolgono la loro azione sul sistema circolatorio e sul metabolismo. I granuli cromaffini possono essere distinti poiché quelli a noradrenalina sono più grandi e presentano una zona centrale più elettrondensa. La secrezione delle catecolammine è sotto il controllo del sistema nervoso simpatico le cui fibre terminano intorno a ciascuna cellula. Le cellule cromaffini pertanto sono considerate dei neuroni simpatici postgangliari modificati. Le catecolammine aumentano il consumo di ossigeno e mobilitano il grasso a scopi energetici aumentando la produzione di calore. Controllano la frequenza cardiaca con un effetto generalmente ipertensivo.

13.6.2 Ghiandole follicolari

13.6.2.1 Tiroide

La **ghiandola tiroidea** prende il nome per la sua vicinanza alla cartilagine tiroidea della laringe ed è formata da un lobo destro e un lobo sinistro connessi da un istmo. È una ghiandola endocrina ad organizzazione follicolare, costituita da piccole strutture sferiche che contengono una sostanza viscosa definita **colloide** (**Figura 13.32**). I follicoli hanno dimensioni differenti in relazione alla loro attività funzionale, con un diametro compreso tra i 200 e i 900 μm . Ciascun follicolo è circondato da uno strato di cellule, i **tireociti**, che pro-

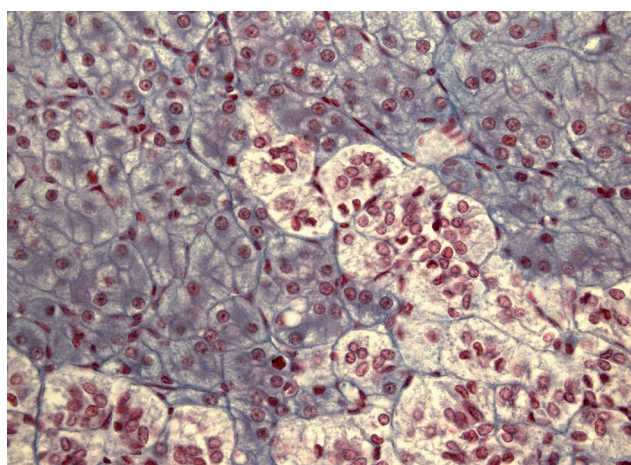
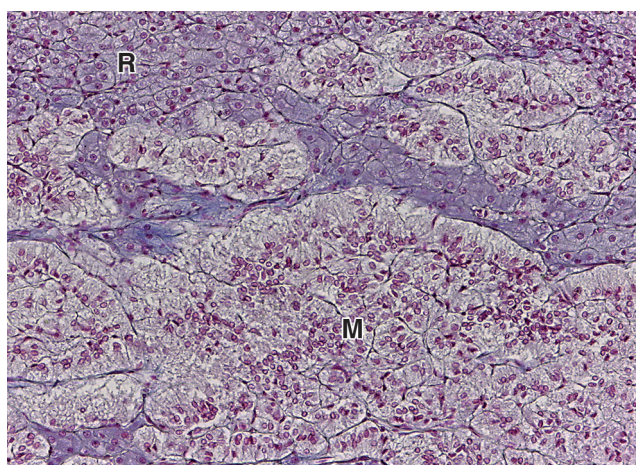
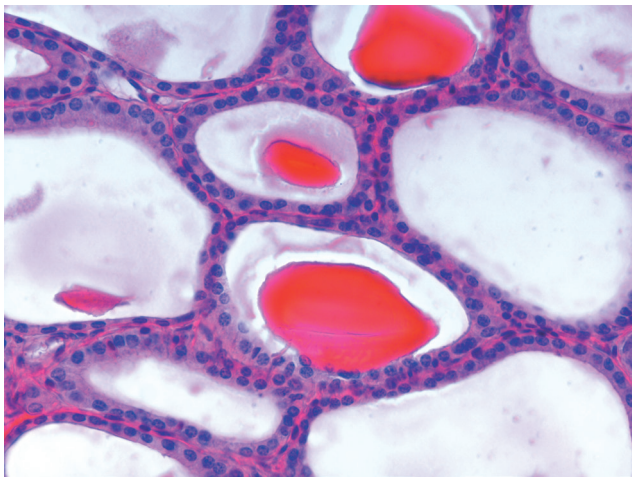


Figura 13.31 ▲ (A) La midollare del surrene (M) consiste in una rete irregolare di cordoni di cellule secernenti, separate da numerosi capillari di ampio diametro e direttamente a contatto con la zona reticolare (R) della porzione corticale. Colorazione Azan. (B) Le cellule della midollare hanno un nucleo rotondo e citoplasma scarsamente colorabile. Presentano numerosi granuli di secrezione che si colorano intensamente con i sali di cromo. Colorazione di Gomori.

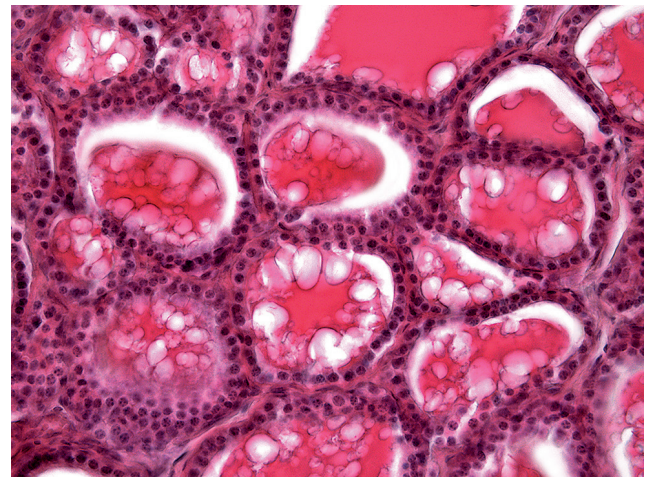
ducono gli ormoni tiroidei. La forma dei tireociti e la quantità di colloide variano in rapporto allo stato funzionale della ghiandola tiroidea. I tireociti hanno generalmente forma cubica quando sono in uno stato funzionale normale, se iperstimolati diventano cilindrici mentre quando la ghiandola è ipofunzionante, i tireociti si appiattiscono. Sono caratterizzati da una forte polarizzazione cellulare in quanto presentano la porzione basale a contatto con la lamina basale disposta verso i capillari sanguigni e la porzione apicale rivolta verso il lume del follicolo. Nella porzione basale è presente il nucleo rotondo-ovale contenente 2 nucleoli, un esteso RER dove avviene la sintesi del precursore degli ormoni tiroidei, la tireoglobulina (**Figura 13.33**). Questa è una glicoproteina che viene glicosilata nell'apparato di Golgi, posto in posizione sopranucleare e viene poi immagazzinata in vescicole che si spostano verso la regione apicale della cellula. In questa zona si trovano anche numerosi lisosomi. La tireoglobulina è rilasciata per esocitosi nella colloide dove subisce una *iodinazione*, cioè l'aggiunta di ioni I sui residui di tirosina della molecola. La tireoglobulina iodata rappresenta la sostanza di riserva presente nella colloide che,

sotto l'azione dell'ormone ipofisario TSH, viene ricaptata dai tireociti mediante un meccanismo di endocitosi. Le vescicole di endocitosi si fondono con i lisosomi all'interno dei quali proteasi specifiche staccano i residui iodinati dalla tireoglobulina formando gli ormoni tiroidei **triiodotironina (T3)** e **tiroxina (T4)**, che successivamente vengono rilasciati nei capillari sanguigni. Come gli ormoni steroidei anche gli ormoni tiroidei hanno recettori nucleari. Il complesso recettore/ligando si lega al DNA delle cellule bersaglio stimolando in particolar modo geni specifici e determinando la sintesi di nuove proteine. Gli ormoni tiroidei regolano il metabolismo cellulare, controllano l'omeostasi della temperatura corporea, influenzano il battito cardiaco. L'attività della tiroide è sotto il controllo dell'asse ipotalamo-ipofisi-tiroide (TRH, TSH, T3 e T4).

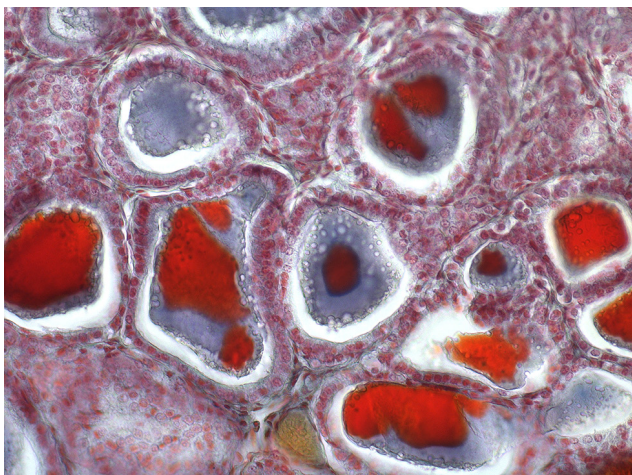
Oltre ai tireociti nella tiroide ci sono altre cellule meno numerose definite **cellule parafollicolari** o **cellule C**. Sono sparse tra i follicoli tiroidei in tutta la ghiandola ma la loro porzione apicale non raggiunge mai il lume del follicolo. Sono circa 3 volte più grandi delle cellule follicolari ma molto meno numerose (0,1%). Hanno un nucleo rotondeggiante, scarso RER,



A



B



C

Figura 13.32 ▲ (A) Sezione di ghiandola endocrina follicolare, la tiroide. I follicoli tiroidei sono rivestiti da epitelio semplice cubico o cilindrico, a seconda del momento funzionale in cui si trovano i tireociti. Nei follicoli è presente la colloide tiroidea. Colorazione ematossilina-eosina. (B) Tiroide. Follicoli attivi; le cellule epiteliali sono più alte e con nuclei più grandi e, generalmente, meno colorati. In questi follicoli i tireociti internalizzano la colloide tiroidea accumulata nel lume convertendola in ormoni tiroidei attivi. L'organizzazione festonata della colloide ai bordi indica che questa è stata riassorbita dal lume follicolare. Colorazione ematossilina-eosina. (C) Numerosi follicoli tiroidei di diverso diametro. L'altezza dei tireociti, in questo caso di forma cubica, è proporzionale al loro grado di attività. Nella colloide sono evidenziabili diversi vacuoli di riassorbimento. Colorazione tricromica.

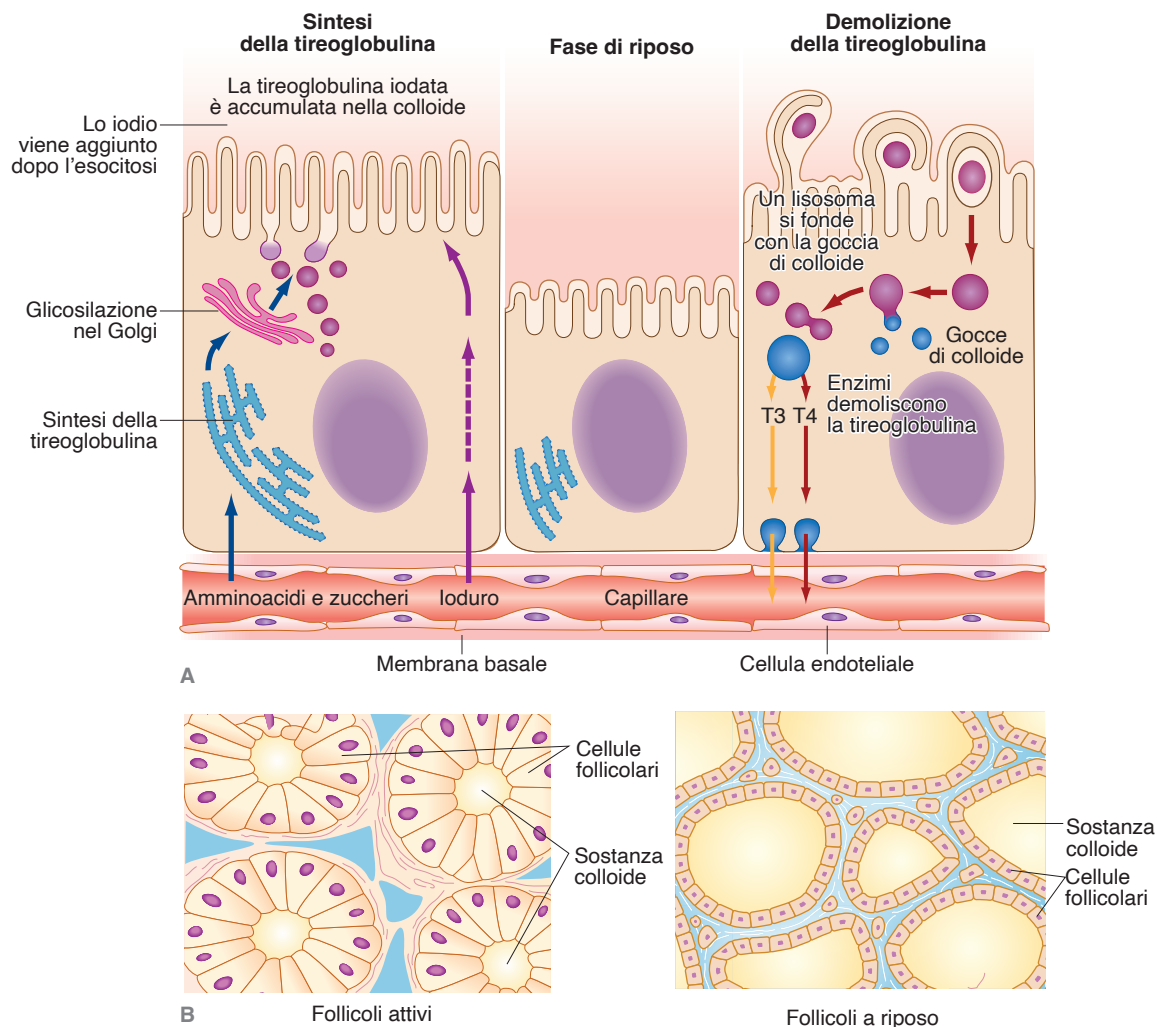


Figura 13.33 ▲ (A) Schema illustrante il processo di sintesi e secrezione degli ormoni tiroidei. (B) Aspetto dell'epitelio follicolare nei follicoli attivi e nei follicoli a riposo.

apparato di Golgi ben sviluppato che produce vescicole piccole (100-400 nm). Esse producono un ormone proteico, la **calcitonina**, che regola il metabolismo del calcio abbassando la calcemia. La calcitonina riduce l'attività degli osteoclasti e aumenta l'emivita degli osteoblasti, determinando un aumento della deposizione di calcio nel tessuto osseo. Come detto precedentemente la calcitonina agisce in antagonismo con il paratormone prodotto dalle paratiroidi (**Figura 13.28**).

13.6.3 Ghiandole insulari

13.6.3.1 Pancreas endocrino

Il **pancreas** è una ghiandola extraparietale di grandi dimensioni annessa all'apparato digerente. La componente esocrina è tubulo-acinosa composta e ha il compito di secernere nel lume intestinale una serie di enzimi a funzione digestiva (**Figura 13.34**). All'interno del parenchima esocrino si trovano sparsi piccoli

gruppi di cellule ad attività endocrina (**Figura 13.35**). Per la loro disposizione tali gruppi sono definiti **isolotti di Langerhans** e hanno il ruolo di secernere nel sangue ormoni di natura proteica che regolano il metabolismo del glucosio. In un individuo adulto sono presenti circa un milione di isolotti di Langerhans.

All'interno degli isolotti di Langerhans si possono distinguere cinque differenti tipi di cellule, ciascuna con il compito di secernere un ormone specifico (**Figura 13.36**). Le **cellule α** presentano un RE poco sviluppato mentre l'apparato di Golgi è molto esteso. Da qui si formano numerose vescicole sferiche (250 nm) che contengono l'ormone **glucagone**. Questo ha la funzione di indurre la glicogenolisi epatica per cui fa aumentare i livelli di glucosio nel sangue (glicemia). Le cellule α costituiscono il 20% delle cellule endocrine nel pancreas.

Le **cellule β** sono caratterizzate da uno scarso RE e da un esteso apparato di Golgi. Le vescicole (300 nm) secernono l'ormone **insulina** che favorisce l'assorbimento del glucosio all'interno delle cellule (intestina-

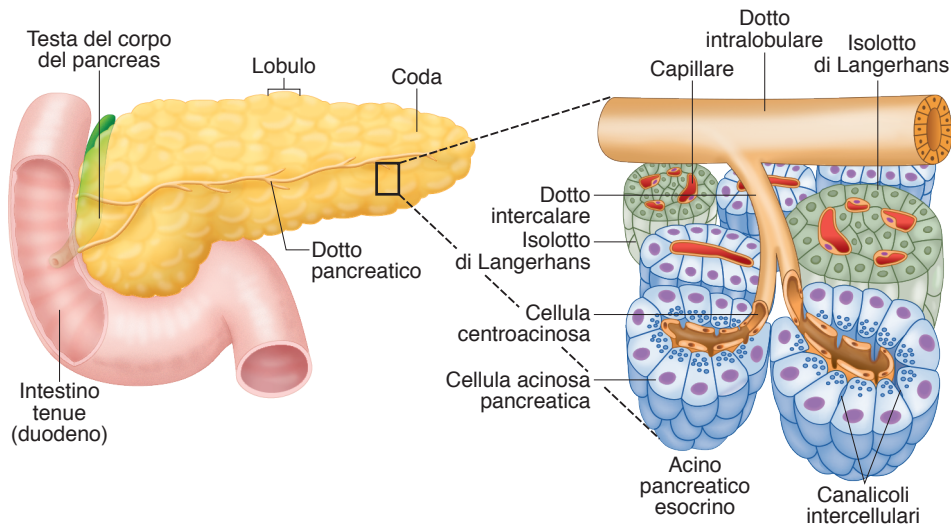


Figura 13.34 ▲ Rappresentazione schematica del pancreas, in cui è evidenziata la struttura ad isolotti della porzione endocrina (isolotti di Langerhans) nel parenchima esocrino costituito da adenomeri tubulo-acinosi.

li, muscolari ed epatiche) e la glicogeno-sintesi, con un conseguente abbassamento della glicemia. Le cellule β sono le più numerose poiché sono il 70% delle cellule endocrine nel pancreas.

Le **cellule δ** rappresentano il 5-10% del totale e sono caratterizzate dalla presenza di granuli di maggiori dimensioni (350 nm). Le cellule δ sono suddivise in due sottopopolazioni. Le **cellule D** secernono la somatostatina, che modula l'attività delle cellule α e β . Le **cellule D1** producono il peptide intestinale vasoattivo (VIP), che determina glicogenolisi e iper-

glicemia, regola la motilità intestinale e la secrezione di ioni e acqua da parte degli enterociti.

La quarta popolazione cellulare è quella delle **cellule F**, che sono più rare (1-2%) e possono essere presenti anche al di fuori degli isolotti. Secernono il **polipeptide pancreatico (PP)**, che regola la secrezione degli enzimi della componente esocrina.

La quinta popolazione cellulare è quella delle **cellule G** presenti per circa l'1%. Secernono la **gastrina** con il compito di stimolare la produzione di acido cloridrico da parte delle cellule parietali dello stomaco.

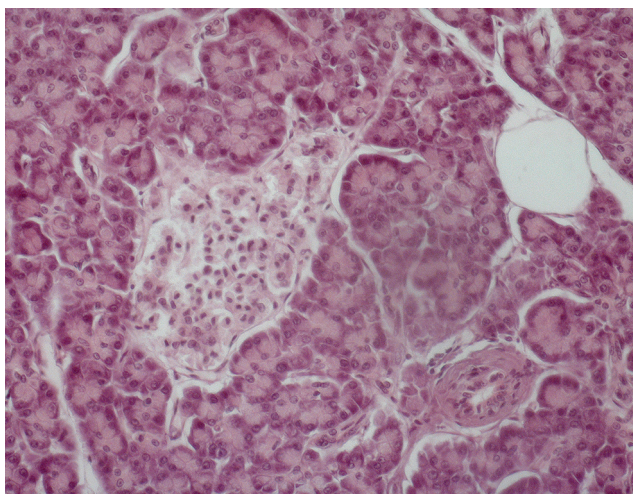


Figura 13.35 ▲ Sezione di ghiandola endocrina insulare. Colorazione con ematossilina-eosina. L'immagine mostra un isolotto pancreatico o di Langerhans. Le cellule degli isolotti sono di forma rotondeggiante con nucleo disposto centralmente. Sono immersi nel parenchima esocrino costituito da adenomeri tubulo-acinosi, che presentano cellule secernenti con la porzione basale basofila e intensamente colorata per la presenza di abbondante reticolo endoplasmatico ruvido.

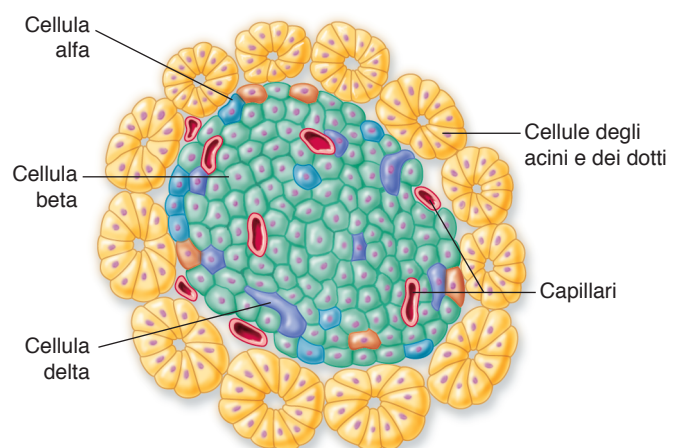
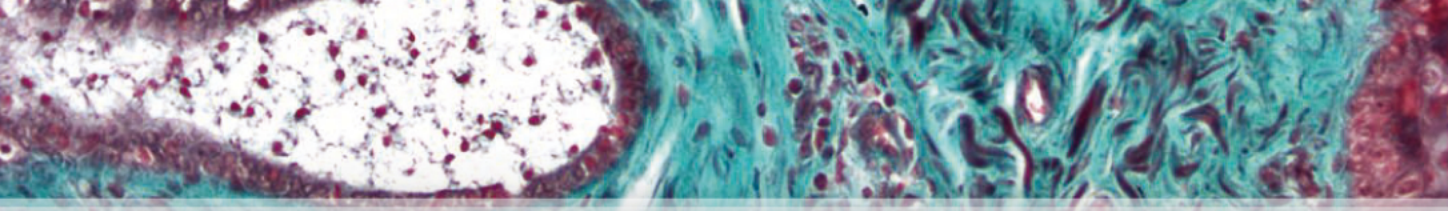


Figura 13.36 ▲ Rappresentazione schematica di un isolotto di Langerhans con i diversi tipi di cellule che lo compongono. Il pancreas endocrino contiene circa un milione di isolotti di Langerhans. Ogni isolotto contiene tre tipi principali di cellule: cellule alfa (circa il 20% di tutte le cellule), che producono il glucagone, cellule beta (quasi il 70% di tutte le cellule), che producono l'insulina, cellule delta (meno del 5-10% di tutte le cellule), che producono la somatostatina.



Isabella Dalle Donne

Citologia e Istologia

Accedi ai contenuti digitali > Espandi le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere ai contenuti digitali.
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.

