

Indice

CAPITOLO 1	
Che cos'è una cellula?	1
1.1 Quadro generale	1
1.2 La cellula è l'unità fondamentale della vita	3
■ Le cellule sono strutture autoreplicanti in grado di rispondere ai cambiamenti dell'ambiente in cui si trovano	6
■ I procarioti sono la forma più semplice di cellula	7
■ Gli eucarioti sono cellule complesse capaci di formare organismi pluricellulari	8
1.3 Una panoramica dei mattoncini molecolari fondamentali delle strutture cellulari	10
■ L'acqua è il composto più comune nelle cellule	11
■ Lo studio della chimica cellulare inizia con un esame dell'atomo di carbonio	13
■ I complessi di biomolecole sono perlopiù composti da mattoncini chimici fondamentali chiamati gruppi funzionali	16
■ I lipidi sono polimeri ricchi di carbonio e non solubili in acqua	16
■ Gli zuccheri sono carboidrati semplici	19
■ Gli amminoacidi formano molecole ricche di carbonio che contengono un gruppo amminico e un gruppo carbossilico	22
■ I nucleotidi sono strutture complesse che contengono uno zucchero, un gruppo fosfato e una base	24
1.4 Le cellule contengono strutture distinte che svolgono funzioni specializzate	25
■ La membrana plasmatica è una barriera semipermeabile posta tra una cellula e l'ambiente esterno	26
■ Il nucleo è il deposito centrale dell'informazione genetica	27
■ I cloroplasti costruiscono molecole con funzione di nutrimento partendo dalla CO ₂ e dall'H ₂ O e utilizzando l'energia solare	29
■ I mitocondri convertono le molecole di nutrimento in energia cellulare	29
■ Il reticolo endoplasmatico e l'apparato del Golgi collaborano nel modificare, smistare e trasportare proteine e fosfolipidi alle loro destinazioni finali	31
■ Gli endosomi smistano e riducono il contenuto delle vescicole endocitiche	35
■ I lisosomi digeriscono le proteine, i lipidi e gli acidi nucleici	35
■ Il perossisoma contribuisce a una serie di attività metaboliche cellulari	35
■ La membrana plasmatica, il reticolo endoplasmatico, l'apparato del Golgi, gli endosomi, i lisosomi e i perossisomi formano una rete di traffico proteico chiamata sistema endomembranoso	36
■ Il citoscheletro e le proteine motrici sono responsabili della forma e del movimento delle cellule procariotiche ed eucariotiche	36
1.5 Le cellule degli organismi pluricellulari possono essere altamente specializzate per svolgere alcune delle diverse funzioni necessarie alla vita	37
■ I gruppi specializzati di cellule vengono chiamati tessuti	38
1.6 Gli organismi modello spesso sono studiati per comprendere gli organismi più complessi	44
1.7 Sommario del capitolo	46
DOMANDE DI VERIFICA	46
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	47

CAPITOLO 2	
Gli acidi nucleici	49
2.1 Quadro generale	49
2.2 Tutte le informazioni necessarie alle cellule per rispondere all'ambiente esterno sono depositate nel DNA	50
■ Il DNA di una cellula viene ereditato	50
■ Il DNA per essere utile deve essere letto	53
2.3 Il DNA viene accuratamente impacchettato all'interno della cellula	61
■ Il DNA è un polimero lineare di deossiribonucleotidi	62
■ Il DNA forma un'elica a doppio filamento	65
2.4 L'impacchettamento del DNA è gerarchico	69
■ Il DNA è legato a un'impalcatura proteine/RNA	70
■ L'eterocromatina è una forma di DNA strettamente impacchettato nelle cellule eucariotiche	74
2.5 Il nucleo protegge accuratamente il DNA della cellula eucariotica	78
■ Il complesso del poro nucleare limita l'accesso all'interno del nucleo	79
■ Le proteine della lamina nucleare formano una gabbia protettiva attorno ai cromosomi	80
2.6 Sommario del capitolo	81
DOMANDE DI VERIFICA	82
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	82
CAPITOLO 3	
Le proteine e i polipeptidi	85
3.1 Quadro generale	85
3.2 Gli amminoacidi formano polimeri lineari	86
■ Un legame peptidico lega tra loro due amminoacidi	87
■ Definizioni: proteine, polipeptidi, peptidi, subunità a confronto	91
3.3 La struttura delle proteine è suddivisa in quattro categorie	96
■ La struttura primaria è definita dalla sequenza lineare degli amminoacidi	96
■ La struttura secondaria è definita da regioni di struttura primaria con organizzazione ripetitiva e prevedibile	96
■ La struttura terziaria è definita dalla disposizione tridimensionale delle strutture secondarie	100
■ La struttura quaternaria è definita dalla disposizione tridimensionale delle subunità polipeptidiche in una proteina multimerica	103
■ Cinque classi di legami chimici stabilizzano la struttura proteica	103
3.4 Cambiamenti conformazionali e funzionali delle proteine	108
■ Tutte le proteine adottano almeno due diverse conformazioni	108
■ Le cellule modificano chimicamente le proteine per controllarne la conformazione e la funzione	109
■ In base alla loro funzione le proteine vengono suddivise in nove categorie	114
3.5 Dove vengono eliminate le proteine?	116
■ Le proteine nel citoplasma e nel nucleo vengono degradate nel proteasoma	117
■ Le proteine degli organelli sono digerite nei lisosomi	118
■ Le proteine nello spazio extracellulare vengono digerite dalle proteinasi	119
3.6 Sommario del capitolo	120
DOMANDE DI VERIFICA	121
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	122

CAPITOLO 4**Fosfolipidi e struttura della membrana**

4.1	Quadro generale	123
4.2	I fosfolipidi sono i mattoncini molecolari fondamentali che costituiscono le membrane	124
	■ I fosfolipidi contengono quattro elementi strutturali	126
	■ La natura anfipatica dei fosfolipidi permette loro di formare doppi strati lipidici in soluzione acquosa	130
	■ I doppi strati fosfolipidici sono barriere semipermeabili	132
4.3	Il modello a mosaico fluido spiega come i fosfolipidi e le proteine interagiscono all'interno di una membrana cellulare	133
	■ Le proteine di membrana si associano alle membrane in tre modi diversi	135
	■ Le membrane cellulari sono sia fluide sia statiche	138
	■ La fluidità delle membrane è sensibile ad almeno quattro variabili diverse	138
4.4	Il reticolo endoplasmatico liscio e l'apparato del Golgi generano la maggior parte dei componenti delle membrane cellulari eucariotiche	141
	■ Glicerolo e acidi grassi vengono sintetizzati nel citosol	141
	■ La sintesi dei fosfogliceridi inizia sul lato citosolico della membrana del reticolo endoplasmatico liscio	142
	■ Nel reticolo endoplasmatico e nell'apparato del Golgi vengono sintetizzati lipidi di membrana supplementari	142
	■ L'assemblaggio della membrana inizia in gran parte nel REL e si completa nell'organello di destinazione	143
4.5	Sommario del capitolo	148
	DOMANDE DI VERIFICA	149
	DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	149

CAPITOLO 5**Il citoscheletro e l'architettura cellulare**

5.1	Quadro generale	151
	PRIMO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE	
	Le cellule sono sempre in movimento	151
5.2	Il citoscheletro è rappresentato da tre classi funzionali di proteine	153
5.3	I filamenti intermedi sono gli elementi più forti e stabili del citoscheletro	154
	■ I filamenti intermedi sono formati da una famiglia di proteine correlate	156
	■ La subunità filamentosa rappresenta il mattoncino molecolare primario che costituisce i filamenti intermedi	157
	■ Le subunità dei filamenti intermedi formano dimeri superavvolti	158
	■ Gli eterodimeri si sovrappongono formando tetrameri filamentosi	159
	■ L'assemblaggio di un filamento intermedio maturo a partire dai tetrameri avviene in tre passaggi	159
	■ Le modificazioni post-traduzionali controllano la forma dei filamenti intermedi	160
	■ I filamenti intermedi formano strutture specializzate	160
5.4	I microtubuli organizzano il movimento all'interno delle cellule	163
	■ L'assemblaggio dei microtubuli inizia in un centro organizzatore dei microtubuli	164
	■ La crescita e l'accorciamento dei microtubuli vanno sotto il nome di instabilità dinamica	169
	■ Le proteine associate al microtubulo ne regolano la stabilità e la funzione	173
	■ Le ciglia e i flagelli sono le strutture specializzate dei microtubuli responsabili, in alcune cellule, della motilità	177
5.5	I filamenti di actina controllano il movimento delle cellule	179

■ Il mattoncino molecolare fondamentale dei filamenti di actina è il monomero di actina	179
■ La polimerizzazione dell'actina avviene in tre fasi	181
■ I filamenti di actina hanno una polarità strutturale	183
■ Sei classi di proteine si legano all'actina per controllare la sua polimerizzazione e organizzazione	184
■ Le proteine motrici che legano l'actina esercitano una forza sui filamenti di actina per indurre la motilità cellulare	188
5.6 Le proteine del citoscheletro degli eucarioti hanno origine da antenati procariotici	195
5.7 Sommario del capitolo	196
DOMANDE DI VERIFICA	197
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	198

CAPITOLO 6

La matrice extracellulare e le giunzioni cellulari

6.1 Quadro generale	199
 SECONDO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE Le cellule all'interno dei tessuti sono fisicamente collegate con l'ambiente circostante	199
6.2 La matrice extracellulare è una rete complessa di molecole che riempie gli spazi tra le cellule in un organismo pluricellulare	200
■ Le glicoproteine formano reti filamentose tra le cellule	201
■ I proteoglicani provvedono all'idratazione dei tessuti	212
■ La lamina basale è una matrice extracellulare specializzata	216
Molte integrine sono recettori di proteine della matrice extracellulare	218
6.3 Le cellule aderiscono una all'altra attraverso proteine specializzate e complessi giunzionali	226
■ Le giunzioni strette formano barriere selettivamente permeabili tra le cellule	226
■ Le giunzioni aderenti collegano cellule vicine	230
■ I desmosomi sono complessi di adesione che si basano sui filamenti intermedi	232
■ Le giunzioni comunicanti permettono il trasferimento diretto di molecole tra cellule adiacenti	234
■ Le caderine calcio-dipendenti mediano l'adesione tra le cellule	236
■ Le NCAM calcio-indipendenti mediano l'adesione tra cellule neurali	238
■ Le selectine controllano l'adesione di cellule immunitarie circolanti	240
6.4 Sommario del capitolo	241
DOMANDE DI VERIFICA	242
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	243

CAPITOLO 7

Il nucleo e la replicazione del DNA

7.1 Quadro generale	244
 TERZO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE L'integrità del DNA è la priorità per tutte le cellule	245
7.2 Il nucleo contiene e protegge la maggior parte del DNA delle cellule eucariotiche	245
■ L'involucro nucleare è una struttura a doppia membrana	246
■ La parte interna del nucleo è altamente organizzata e contiene molti sottocompartimenti	248
7.3 La replicazione del DNA è un processo complesso e finemente regolato	251
■ Le DNA polimerasi sono gli enzimi che replicano il DNA	252
■ La replicazione del DNA è semidiscontinua	256

■ Le cellule hanno due meccanismi principali di riparazione del DNA	262
7.4 La mitosi separa i cromosomi duplicati	265
■ La mitosi è divisa in fasi	265
■ La profase prepara la cellula per la divisione	267
■ I cromosomi si attaccano al fuso mitotico durante la prometafase	268
■ L'arrivo dei cromosomi all'equatore del fuso segna l'inizio della metafase	271
■ La separazione dei cromatidi a livello della piastra metafasica avviene durante l'anafase	271
■ I riarrangiamenti strutturali che avvengono nella profase iniziano a invertirsi durante la telofase	273
■ La citochinesi completa la mitosi suddividendo il citoplasma e forma le due nuove cellule figlie	273
7.5 Sommario del capitolo	274
DOMANDE DI VERIFICA	275
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	275

CAPITOLO 8

Sintesi e smistamento delle proteine

8.1 Quadro generale	277
 QUARTO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE Il DNA codifica la funzione degli RNA e delle proteine	277
8.2 La trascrizione converte il codice genetico a DNA in RNA	279
■ Le RNA polimerasi trascrivono i geni in una "bolla" di DNA a singolo filamento	280
■ La trascrizione avviene in tre fasi	280
■ Negli eucarioti gli RNA messaggeri vanno incontro a processamento prima di lasciare il nucleo	286
8.3 Le proteine vengono sintetizzate dai ribosomi utilizzando uno stampo di mRNA	292
■ La traduzione avviene in tre fasi	292
8.4 Sono necessari almeno cinque meccanismi diversi per indirizzare in modo corretto le proteine in una cellula eucariotica	300
■ Le sequenze segnale codificano l'indirizzamento appropriato delle proteine	301
■ Il sistema di entrata/uscita dal nucleo regola il traffico delle macromolecole attraverso i pori nucleari	303
■ Le proteine indirizzate al perossisoma contengono i segnali di indirizzamento perossisomiale (PTS)	306
■ Le proteine secrete e le proteine indirizzate al sistema endomembranoso contengono una sequenza segnale del reticolo endoplasmatico	308
■ Le proteine citosoliche indirizzate ai mitocondri o ai cloroplasti contengono una sequenza segnale N-terminale	316
■ Il citoscheletro immobilizza e trasporta gli mRNA	318
8.5 Sommario del capitolo	319
DOMANDE DI VERIFICA	320
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	321

CAPITOLO 9

Il sistema delle endomembrane e il traffico di membrana

9.1 Quadro generale	323
 QUINTO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE Nella cellula il complesso delle endomembrane rappresenta il sistema di importazione/esportazione della maggior parte delle macromolecole	323
9.2 Il sistema delle endomembrane è un sistema di organelli all'interno delle cellule eucariotiche	325

■ Il sistema delle endomembrane controlla il trasporto molecolare dentro e fuori dalla cellula	326
■ Le vescicole trasportano il materiale tra i vari organelli all'interno del sistema delle endomembrane	326
9.3 L'esocitosi inizia nel reticolo endoplasmatico	333
■ Le proteine neosintetizzate iniziano il processo di modificazione post-traduzionale quando le proteine presenti nel RE favoriscono il loro corretto ripiegamento	333
■ Le vescicole rivestite da COPII trasportano le proteine dal RE all'apparato del Golgi	333
■ Le proteine residenti del RE vengono recuperate dall'apparato del Golgi	335
9.4 L'apparato del Golgi modifica e smista le proteine lungo la via dell'esocitosi	336
■ L'apparato del Golgi è suddiviso in cisterne <i>cis</i> , mediane e <i>trans</i>	336
■ Il reticolo <i>trans</i> del Golgi smista le proteine che escono dall'apparato del Golgi	339
9.5 L'esocitosi termina sulla membrana plasmatica	343
■ Le cellule usano due meccanismi per controllare le fasi finali dell'esocitosi	344
9.6 L'endocitosi inizia sulla membrana plasmatica	345
■ La clatrina stabilizza la formazione delle vescicole di endocitosi	346
9.7 L'endosoma smista le proteine lungo la via dell'endocitosi	347
■ L'endosoma è suddiviso in compartimenti precoci e tardivi	348
■ Le proteine della pompa protonica hanno un ruolo decisivo nel processo di smistamento e di attivazione del contenuto dell'endosoma	349
9.8 L'endocitosi termina nel lisosoma	349
■ Le proteine endogene indirizzate al lisosoma sono contrassegnate e smistate dall'apparato del Golgi	350
■ Le sostanze digerite sono trasportate nel citoplasma	356
■ I lisosomi possono anche degradare alcuni degli organelli residenti	357
9.9 Sommario del capitolo	357
DOMANDE DI VERIFICA	358
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	359

CAPITOLO 10

Il metabolismo cellulare e l'immagazzinamento dell'energia 361

10.1 Quadro generale 361



SESTO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE

I legami chimici e i gradienti ionici rappresentano il carburante della cellula 362

10.2 Le cellule immagazzinano l'energia in diverse forme 363

■ Le leggi della termodinamica definiscono le regole del processo di trasferimento dell'energia 364

■ I grassi e i polisaccaridi sono esempi di accumulo di energia a lungo termine nelle cellule 365

■ Gli elettroni ad alto contenuto energetico e i gradienti ionici sono esempi di energia potenziale a breve termine nelle cellule 365

■ Le cellule accoppiano le reazioni energeticamente sfavorevoli con quelle favorevoli 367

■ I nucleotidi trifosfato accumulano energia per uso immediato 367

■ L'energia potenziale contenuta in un gradiente ionico può essere espressa come potenziale elettrico 368

10.3 I gradienti ai versanti delle membrane cellulari sono essenziali per l'accumulo e la conversione dell'energia 368

■ Le proteine canale, di trasporto e pompa regolano il trasporto della maggior parte delle piccole molecole attraverso la membrana 369

10.4 L'accumulo dell'energia solare avviene nel cloroplasto	377
■ I cloroplasti hanno tre compartimenti rivestiti da membrana	378
■ I cloroplasti convertono l'energia della luce nelle prime forme di energia cellulare	379
10.5 Le cellule usano una combinazione di proteine canale, proteine di trasporto e pompe proteiche per trasferire piccole molecole attraverso le membrane	387
■ L'ATPasi Na^+/K^+ mantiene il "potenziale di riposo" attraverso la membrana plasmatica	389
■ Nell'intestino dei vertebrati un canale per il K^+ permeabile, un simporto $\text{Na}^+/\text{glucosio}$ e un trasportatore passivo per il glucosio cooperano per trasportare il glucosio dal lume dell'intestino al circolo sanguigno	389
10.6 La prima fase del metabolismo del glucosio avviene nel citoplasma	391
■ Perché il metabolismo del glucosio è un processo che richiede diverse fasi?	392
■ Le dieci reazioni chimiche della glicolisi convertono una molecola di glucosio in due composti a tre atomi di carbonio, due molecole di NADH e due molecole di ATP	392
■ Il piruvato non rappresenta il punto finale del metabolismo del glucosio	393
10.7 La respirazione aerobica ha come risultato la completa ossidazione del glucosio	395
■ La respirazione aerobica avviene in quattro fasi	396
10.8 Sommario del capitolo	403
DOMANDE DI VERIFICA	404
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	405

CAPITOLO 11

Trasduzione del segnale e comunicazione cellulare	407
11.1 Quadro generale	407
 SETTIMO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE Le reti di segnalazione sono il sistema nervoso di una cellula	408
11.2 Le molecole di segnalazione formano vere e proprie reti di comunicazione	409
■ La funzione delle reti di segnalazione è quella di convertire l'informazione extracellulare in una risposta cellulare appropriata	409
■ Le reti di segnalazione sono composte da segnali, recettori, proteine di segnalazione e molecole che agiscono da secondi messaggeri	410
11.3 Le molecole di segnalazione cellulare trasmettono le informazioni tra le cellule	413
■ I segnali intercellulari vengono secreti nello spazio extracellulare	414
■ Sei classi di recettori sono sufficienti per individuare una vasta serie di stimoli ambientali	414
11.4 Le proteine di segnalazione intracellulari diffondono i segnali all'interno della cellula	419
■ Le informazioni cambiano forma nelle reti di segnalazione	420
■ Le proteine G costituiscono due classi di interruttori molecolari	420
■ Le proteine chinasi fosforilano proteine di segnalazione a valle	421
■ Le chinasi lipidiche fosforilano i fosfolipidi	423
■ I canali ionici rilasciano scariche di ioni	424
■ I flussi di calcio controllano le proteine che legano il calcio	424
■ Le adenilato ciclasti formano AMP ciclico	425
■ I secondi messaggeri sono piccoli segnali chimici che si diffondono velocemente	426
■ Gli adattatori facilitano il legame di molteplici proteine di segnalazione	427

■ Mutazioni nelle reti di segnalazione sono comuni nelle cellule cancerose	427
11.5 Un breve sguardo ad alcune vie di segnalazione comuni	428
■ Le vie di segnalazione della proteina tirosina chinasi controllano la crescita cellulare e la migrazione	429
■ Le vie di segnalazione delle proteine G eterotrimeriche regolano una grande varietà di comportamenti cellulari	430
■ Le vie delle chinasi dei fosfolipidi cooperano con le vie delle proteine chinasi e delle proteine G	432
■ Gli ormoni steroidei controllano il comportamento a lungo termine della cellula alterando l'espressione genica	433
11.6 Sommario del capitolo	434
DOMANDE DI VERIFICA	435
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	435

CAPITOLO 12

Il controllo dell'espressione genica

12.1 Quadro generale	437
 OTTAVO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE I complessi proteici rappresentano i sistemi decisionali della cellula	438
12.2 Molte proteine di segnalazione entrano nel nucleo	439
■ Durante il processo di segnalazione i recettori nucleari traslocano dal citosol al nucleo	440
■ Notch è un recettore con struttura transmembrana che entra nel nucleo	440
■ I recettori accoppiati a proteine G e i loro frammenti trasmettono il segnale nel nucleo	441
■ Le proteine G eterotrimeriche hanno come bersaglio diversi compartimenti cellulari, compreso il nucleo	442
■ Nel nucleo si trovano diverse componenti delle vie di segnalazione del fosfatidilinositolo	443
■ I recettori associati a proteine tirosina chinasi trasmettono il segnale nel nucleo	443
■ Alcune proteine chinasi fosforilano le proteine nucleari	444
■ PTEN è una fosfatasi nucleare	446
■ Sulla membrana plasmatica e sulla membrana nucleare di alcuni neuroni si trova un canale per lo ione calcio che lega ATP	446
■ Nel nucleo è presente un'adenilato ciclasi	447
12.3 Nel nucleo le proteine effettrici sono raggruppate in tre classi	447
■ Le coesine e le condensine aiutano a controllare il grado di condensazione della cromatina	448
■ I modificatori degli istoni controllano la struttura dei nucleosomi	448
■ I fattori di trascrizione promuovono l'espressione dei geni	451
12.4 Le vie di trasmissione del segnale e i programmi di espressione genica formano circuiti a feedback	457
12.5 Sommario del capitolo	459
DOMANDE DI VERIFICA	460
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	461

CAPITOLO 13

La nascita e la morte cellulare

13.1 Quadro generale	463
 NONO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE La progressione attraverso il ciclo cellulare è il periodo più vulnerabile nella vita di una cellula	463
13.2 Le cellule nuove derivano dalle cellule parentali che hanno completato il ciclo cellulare	465
■ Il ciclo cellulare è suddiviso in cinque fasi	466

■ L'attivazione dei complessi ciclina-CDK inizia nella fase G1	470
■ La replicazione del DNA avviene nella fase S	479
■ La fase G2 prepara le cellule alla mitosi	484
■ La mitosi e la citochinesi si verificano nella fase M	488
13.3 Gli organismi pluricellulari hanno a disposizione un programma di autodistruzione in grado di preservare il loro stato di salute	490
■ Le cellule muoiono in due modi diversi: necrosi o apoptosi	491
13.4 Sommario del capitolo	500
DOMANDE DI VERIFICA	501
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	501
CAPITOLO 14	
I tessuti	503
14.1 Quadro generale	503
 DECIMO PRINCIPIO DELLA BIOLOGIA CELLULARE	
I tessuti costituiscono gli equivalenti macroscopici delle singole cellule	503
14.2 I tessuti epiteliali formano barriere semipermeabili e protettive tra i vari compartimenti	504
■ Le cellule epiteliali hanno una polarità strutturale	505
■ I tessuti epiteliali sono classificati in base alla struttura cellulare e alla funzione	507
■ Alcuni tessuti epiteliali sono ottimizzati per la protezione: l'epidermide	508
■ Alcuni tessuti epiteliali sono ottimizzati per l'assorbimento: il sistema gastrointestinale	509
■ Alcuni tessuti epiteliali sono ottimizzati per il trasporto: il rene	511
■ I carcinomi sono tumori che hanno origine dalle cellule epiteliali	512
14.3 I tessuti nervosi immagazzinano e trasmettono informazioni sotto forma di cariche elettriche	513
I tessuti nervosi sono costituiti da almeno due differenti tipi di cellule	514
14.4 I tessuti muscolari convertono segnali chimici in forza meccanica	521
■ Le cellule muscolari scheletriche sono cellule multinucleate, altamente specializzate	522
■ Il muscolo cardiaco ha il compito di pompare il sangue	525
■ Le cellule muscolari lisce generano forze nelle tre dimensioni	528
14.5 I tessuti connettivi conferiscono al corpo resistenza meccanica e ammortizzamento	533
14.6 Sommario del capitolo	536
DOMANDE DI VERIFICA	537
DOMANDE A RISPOSTA MULTIPLA	538
Indice analitico	539

 online.universita.zanichelli.it/plopper

CAPITOLO 15

Patologia della cellula eucariotica: il cancro

di Aldo Pagano

CAPITOLO 16

Quando le cellule eucariotiche cambiano fenotipo: staminalità e differenziamento

di Aldo Pagano