

INDICE GENERALE

PREFAZIONE

XV	Gli animali modello comprendono vermi, moscerini, pesci e topi	31
	Si possono condurre studi anche su esseri umani e le loro cellule	33

CAPITOLO 1

Cellule: le unità fondamentali della vita 1

■ UNITÀ E DIVERSITÀ DELLE CELLULE	2
Le cellule sono diversissime tra loro per aspetto e funzioni	2
La chimica di base è simile in tutte le cellule viventi	3
Le cellule viventi sono insiemini di catalizzatori autoreplicanti	4
C'è ragione di ritenere che tutte le cellule attuali si siano evolute da un progenitore comune	5
I geni forniscono le istruzioni per forma e funzione della cellula e dei suoi comportamenti complessi	5

■ VEDERE LA STRUTTURA DELLE CELLULE

L'invenzione del microscopio ottico ha portato alla scoperta delle cellule	6
Il microscopio ottico permette di vedere le cellule e alcuni componenti cellulari	8
Il microscopio elettronico permette di rivelare la struttura della cellula	9

■ L'ALBERO DELLA VITA

POSTER 1.1 Microscopia

L'albero della vita ha tre suddivisioni principali	11
Gli eucarioti costituiscono il dominio della vita a noi più familiare	12
I batteri formano il gruppo più diversificato di organismi sulla Terra	14
Il mondo degli archei è il più misterioso dei domini della vita	16

■ LA CELLULA EUCARIOTE

Il nucleo funge da magazzino dell'informazione per la cellula	18
I mitocondri estraggono dal nutrimento energia adatta ad alimentare la cellula	18
I cloroplasti captano l'energia della luce solare	19
Le membrane interne delimitano compartimenti intracellulari con funzioni differenti	20
Il citosol è una soluzione acquosa concentrata di molecole grandi e piccole allo stato di gel	21
Il citoscheletro è responsabile dei movimenti cellulari mirati	22
Il citoplasma è tutt'altro che statico	24
I progenitori delle cellule eucariote: i primi predatori?	25

POSTER 1.2 L'architettura delle cellule

■ STUDIARE GLI ORGANISMI MODELLO

I biologi molecolari si sono concentrati su <i>Escherichia coli</i>	26
Il lievito di birra è una cellula eucariote semplice	28
<i>Arabidopsis thaliana</i> è stata scelta come pianta modello	29

PERCHÉ LO SAPPIAMO? Esaminare che cosa hanno in comune tutte le forme di vita	34
--	----

Gli studi genetici sul coronavirus SARS-CoV-2 hanno portato allo sviluppo di vaccini in tempi record	36
Confrontando le sequenze dei genomi risulta evidente l'eredità condivisa di tutti i viventi	37
I genomi non contengono solo geni	39

 CONCETTI CHIAVE	40
--	----

 PAROLE CHIAVE	41
--	----

 DOMANDE	41
--	----

CAPITOLO 2

I componenti chimici delle cellule 43

■ I LEGAMI CHIMICI

I tipi di atomi che costituiscono le cellule sono relativamente pochi	44
L'interattività di un atomo dipende dai suoi elettroni più esterni	45
I legami covalenti si formano per condivisione di elettroni	48
Alcuni legami covalenti coinvolgono più di una coppia di elettroni	48
In un legame covalente gli elettroni sono spesso condivisi in modo non omogeneo	49
I legami covalenti sono abbastanza forti da sopravvivere alle condizioni che si trovano all'interno delle cellule	50
I legami ionici si formano per perdita e acquisizione di elettroni	50
I legami idrogeno sono legami non covalenti importanti per molte molecole biologiche	51
Quattro tipi di interazioni deboli contribuiscono ad aggregare le molecole nella cellula	52
Alcune molecole polari formano acidi e basi in acqua	53

■ LE PICCOLE MOLECOLE NELLA CELLULA

La cellula è formata da composti del carbonio	55
Le cellule contengono quattro famiglie principali di piccole molecole organiche	55
Gli zuccheri sono fonte di energia per la cellula e anche subunità costitutive dei polisaccaridi	56
Gli acidi grassi sono dei componenti delle membrane cellulari	58
Gli amminoacidi sono le subunità delle proteine	59
I nucleotidi sono le subunità del DNA e dell'RNA	61

■ LE MACROMOLECOLE NELLA CELLULA

Ogni macromolecola è formata da una specifica sequenza di subunità	63
--	----

PERCHÉ LO SAPIAMO? La scoperta delle macromolecole 64

I legami non covalenti determinano la forma precisa di una macromolecola 66

I legami non covalenti consentono alle macromolecole anche di unirsi selettivamente ad altre molecole 67

POSTER 2.1 Legami e gruppi chimici 68

POSTER 2.2 Le proprietà chimiche dell'acqua 70

POSTER 2.3 I tipi principali di legami non covalenti deboli 72

POSTER 2.4 Caratteristiche di alcuni tipi di zucchero 74

POSTER 2.5 Acidi grassi e altri lipidi 76

POSTER 2.6 I 20 amminoacidi presenti nelle proteine 78

POSTER 2.7 Panoramica sui nucleotidi 80

 **CONCETTI CHIAVE** 82

 **PAROLE CHIAVE** 83

 **DOMANDE** 83

CAPITOLO 3

Energia, catalisi e biosintesi 85

■ L'USO DELL'ENERGIA NELLA CELLULA 86

L'ordine biologico comporta la liberazione di energia termica da parte della cellula 87

Le cellule possono convertire l'energia da una forma a un'altra 88

Gli organismi fotosintetici utilizzano la luce solare per sintetizzare le molecole organiche 89

Le cellule ottengono energia ossidando le molecole organiche 90

L'ossidazione e la riduzione comportano trasferimenti di elettroni 91

■ ENERGIA LIBERA E CATALISI 93

Le reazioni chimiche procedono nella direzione che porta alla perdita di energia libera 93

Gli enzimi riducono l'energia libera necessaria per iniziare le reazioni spontanee 93

Le variazioni di energia libera determinano la spontaneità di una reazione 95

La variazione di energia libera cambia quando una reazione procede verso l'equilibrio 96

La variazione di energia libera standard, ΔG° , permette di confrontare l'energia di reazioni diverse 97

La costante di equilibrio è direttamente proporzionale a ΔG° 98

Nelle reazioni complesse la costante di equilibrio include le concentrazioni di tutti i reagenti e di tutti i prodotti 98

POSTER 3.1 Energia libera e reazioni biologiche 100

Nelle reazioni sequenziali le variazioni di energia libera sono additive 102

Le reazioni catalizzate da enzimi dipendono da collisioni molecolari molto rapide 103

Le interazioni non covalenti permettono agli enzimi di legarsi in modo specifico alle molecole 103

La costante di equilibrio indica anche la forza delle interazioni non covalenti 104

TRASPORTATORI (CARRIER) ATTIVATI E BIOSINTESI 104

La formazione di un trasportatore attivato è accoppiata a una reazione favorita energeticamente 105

L'ATP è il trasportatore attivato più usato nella cellula 106

PERCHÉ LO SAPIAMO? I legami fosfato ad alta energia alimentano i processi cellulari 107

L'energia accumulata nell'ATP è spesso convogliata nel legame tra due molecole 110

Il NADH e il NADPH sono entrambi trasportatori attivati di elettroni 111

Il NADPH e il NADH svolgono ruoli differenti nelle cellule 112

Le cellule si avvalgono di molte altre molecole di trasporto attivate 112

La sintesi di polimeri biologici richiede un apporto energetico 114

Altre reazioni che modulano le attività nella cellula modificando chimicamente le proteine 117

 **CONCETTI CHIAVE** 118

 **PAROLE CHIAVE** 119

 **DOMANDE** 119

CAPITOLO 4

Struttura e funzione delle proteine 121

POSTER 4.1 Alcuni esempi di funzioni generali caratteristiche delle proteine 122

■ FORMA E STRUTTURA DELLE PROTEINE 123

La forma di una proteina deriva dalla sua sequenza amminoacidica 123

Le proteine si dispongono nella conformazione di energia minima 126

Esistono proteine di svariate forme, tutte molto complesse 127

I legami idrogeno all'interno dello scheletro polipeptidico formano α -eliche e foglietti β 128

Le strutture biologiche assumono facilmente forma elicoidale 130

Molte proteine hanno un nucleo rigido formato da foglietti β 133

Le proteine mal ripiegate possono formare strutture amiloidi che causano malattie 133

Le proteine presentano parecchi livelli di organizzazione 134

Molte proteine contengono tratti non strutturati 135

Solo alcune delle possibili catene polipeptidiche sono utili 135

Le proteine si possono classificare in famiglie 136

Spesso le molecole proteiche di grandi dimensioni sono formate da più catene polipeptidiche 137

Le proteine possono aggregarsi in filamenti, strati o globuli 138

Alcuni tipi di proteine assumono la forma di lunghe fibre 139

Spesso le proteine extracellulari si stabilizzano tramite legami covalenti crociati 140

■ IL FUNZIONAMENTO DELLE PROTEINE	141	POSTER 4.6 Determinazione della struttura proteica	174
Tutte le proteine legano altre molecole	141	 PAROLE CHIAVE	176
Gli anticorpi si legano al loro bersaglio con estrema specificità	143	 DOMANDE	176
Gli enzimi trasformano chimicamente i ligandi	144		
Gli enzimi accelerano notevolmente la velocità delle reazioni chimiche	144		
POSTER 4.2 Preparazione e uso di anticorpi	146		
Il lisozima: come funziona un enzima	148		
Molti farmaci inibiscono gli enzimi	150		
Alcune proteine necessitano un legame stretto con piccole molecole per funzionare	150		
■ LA REGOLAZIONE DELL'ATTIVITÀ DELLE PROTEINE	151	CAPITOLO 5	
Spesso l'attività catalitica degli enzimi è controllata da altre molecole	152	DNA e cromosomi	179
Gli enzimi allosterici hanno due o più siti di legame capaci di interagire tra loro	152	■ LA STRUTTURA DEL DNA	180
La fosforilazione può controllare l'attività di una proteina inducendo un cambiamento conformazionale	154	Una molecola di DNA è composta da due catene complementari di nucleotidi	181
Le modifiche covalenti controllano anche la posizione e le interazioni delle proteine	155	Nella struttura del DNA è implicito un meccanismo per l'eredità	182
Anche le proteine che legano il GTP sono regolate tramite un gruppo fosfato che perdono e recuperano ciclicamente	156	■ LA STRUTTURA DEI CROMOSOMI DEGLI EUCARIOTI	184
Nella cellula l'idrolisi dell'ATP permette alle proteine motrici di compiere ampi movimenti	157	Il DNA eucariote è impaccato in numerosi cromosomi	185
Spesso le proteine formano complessi voluminosi che funzionano come macchine proteiche	158	I cromosomi organizzano e trasportano informazioni genetiche	186
Molte proteine che interagiscono sono tenute insieme da impalcature proteiche	159	Sono necessarie sequenze di DNA specializzate per la replicazione del DNA e la divisione dei cromosomi	187
Le interazioni macromolecolari possono produrre grandi sotto-compartimenti biochimici nelle cellule	160	I cromosomi interfascici si dispongono in modo organizzato nel nucleo	188
■ LO STUDIO DELLE PROTEINE	161	Il DNA cromosomico è molto condensato	189
Le proteine possono essere purificate a partire da cellule o tessuti	161	I nucleosomi sono le unità di base della struttura cromosomica negli eucarioti	190
Per determinare la struttura di una proteina è necessario prima determinare la sua sequenza amminoacidica	162	I cromosomi interfascici sono ulteriormente organizzati in anse grazie a grandi anelli proteici	193
I metodi sperimentali e computazionali convertono le sequenze amminoacidiche in strutture proteiche	164	I cromosomi sono ulteriormente impacchettati durante la mitosi	194
PERCHÉ LO SAPPIAMO? Lo sfruttamento delle prestazioni enzimatiche per applicazioni di interesse umano	165	■ LA REGOLAZIONE DELLA STRUTTURA CROMOSOMICA	195
La correlazione delle proteine permette di prevedere la struttura e la funzione delle proteine	167	Determinate variazioni nei nucleosomi consentono l'accesso al DNA	195
I metodi di ingegneria genetica permettono produzione, analisi e design di proteine su larga scala	167	I cromosomi interfascici contengono cromatina a vari gradi di condensazione e distensione	197
 CONCETTI CHIAVE	168	L'eterocromatina può propagarsi lungo il cromosoma per spegnere i geni vicini	198
POSTER 4.3 Rottura delle cellule e frazionamento di estratti	170	L'inattivazione del cromosoma X è una forma estrema di silenziamento genico	199
POSTER 4.4 Separazione di proteine per cromatografia	172	L'eterocromatina può essere ereditata dalle generazioni cellulari successive	200
POSTER 4.5 Separazione di proteine per elettroforesi	173	 CONCETTI CHIAVE	201
		 PAROLE CHIAVE	202
		 DOMANDE	206
		CAPITOLO 6	
		Replicazione e riparazione del DNA	209
		■ LA REPLICAZIONE DEL DNA	210
		L'accoppiamento delle basi consente la replicazione del DNA	210
		La sintesi del DNA parte dalle origini di replicazione	211
		PERCHÉ LO SAPPIAMO? La natura della replicazione	212
		In ogni origine di replicazione si formano due forcelle replicative	215

La DNA polimerasi sintetizza DNA usando una catena parentale come stampo	215	Gli mRNA maturi sono esportati fuori dal nucleo	253
La forcella replicativa è asimmetrica	217	Le molecole di mRNA alla fine sono degradate nel citoplasma	254
La DNA polimerasi si autocorregge	218	■ DALL'RNA ALLE PROTEINE	254
Brevi tratti di RNA fanno da innesco per la sintesi del DNA	218	La sequenza dell'mRNA è decodificata a gruppi di tre nucleotidi	255
A livello della forcella replicativa le proteine collaborano formando un macchinario replicativo	220	PERCHÉ LO SAPPIAMO? Decifrare il codice genetico	257
La telomerasi replica le estremità dei cromosomi negli eucarioti	223	I tRNA abbinano gli amminoacidi ai codoni dell'mRNA	259
La lunghezza dei telomeri varia a seconda del tipo cellulare e dell'età	224	Enzimi specifici accoppiano i tRNA all'amminoacido giusto	260
■ LA RIPARAZIONE DEL DNA	225	L'RNA messaggero è decodificato dai ribosomi	261
Il DNA cellulare viene danneggiato di continuo	225	Il ribosoma è un ribozima	262
Le cellule possiedono vari meccanismi per riparare il DNA	227	Appositi codoni dell'RNA messaggero segnalano al ribosoma dove cominciare e terminare la sintesi proteica	264
Un sistema di riparazione che rimuove gli appaiamenti scorretti elimina gli errori di copiatura sfuggiti al macchinario replicativo	228	Le proteine vengono sintetizzate sui poliribosomi	266
Le rotture del doppio filamento richiedono una diversa strategia di riparazione	229	Gli inibitori della sintesi proteica procariote sono usati come antibiotici	267
La ricombinazione omologa può riparare perfettamente le rotture del doppio filamento	230	Un controllo fine della degradazione di ogni proteina contribuisce a regolarne la concentrazione cellulare	267
Gli errori nella riparazione dei danni al DNA possono compromettere una cellula o un organismo in modo grave	232	Tra DNA e proteine si interpongono numerosi processi	269
Nelle sequenze del genoma è conservata una testimonianza storica della fedeltà di replicazione e riparazione del DNA	233	■ L'RNA E LE ORIGINI DELLA VITA	269
CONCETTI CHIAVE	234	L'autocatalisi è necessaria per la vita	270
PAROLE CHIAVE	235	L'RNA può immagazzinare informazioni e catalizzare reazioni chimiche	271
? DOMANDE	235	Si ritiene che nell'evoluzione l'RNA abbia preceduto il DNA	272
		CONCETTI CHIAVE	273
		PAROLE CHIAVE	275
		? DOMANDE	275

CAPITOLO 7

Dal DNA alle proteine: come la cellula legge il genoma	237
■ DAL DNA ALL'RNA	238
Tratti della sequenza di DNA vengono trascritti in RNA	239
La trascrizione produce una molecola di RNA complementare a uno dei filamenti del DNA	240
Nella cellula sono prodotti diversi tipi di RNA	242
Appositi segnali sul DNA indicano all'RNA polimerasi dove iniziare e terminare la trascrizione	243
Negli eucarioti l'inizio della trascrizione è un processo complesso	245
L'RNA polimerasi eucariote richiede i fattori generali di trascrizione	245
La maturazione dell'RNA eucariote avviene nel nucleo	247
Negli eucarioti i geni che codificano proteine sono interrotti da sequenze non codificanti dette introni	248
Gli introni vengono rimossi dall'mRNA tramite lo splicing	249
La sintesi e la maturazione dell'RNA avvengono in compartimenti privi di membrana presenti all'interno del nucleo	252

CAPITOLO 8

Il controllo dell'espressione genica	277
■ UNA PANORAMICA SULL'ESPRESSIONE GENICA	278
In un organismo pluricellulare i diversi tipi di cellula contengono lo stesso DNA	278
Tipi cellulari diversi producono insieme differenti di proteine	280
Una cellula può modificare l'espressione dei suoi geni in risposta a segnali esterni	280
L'espressione genica può essere regolata in diversi punti del percorso che porta dal DNA all'RNA e, infine, alle proteine	280
■ COME VIENE REGOLATA LA TRASCRIZIONE	281
I regolatori della trascrizione legano sequenze di regolazione del DNA	281
Gli interruttori trascrizionali consentono alle cellule di rispondere ai cambiamenti ambientali	283
I repressori spengono i geni, gli attivatori li accendono	284
Un attivatore e un repressore controllano l'operone <i>lac</i>	285
Negli eucarioti i regolatori della trascrizione controllano a distanza l'espressione genica	286

I regolatori della trascrizione negli eucarioti contribuiscono ad avviare la trascrizione reclutando proteine che modificano la cromatina	287	Gli elementi genetici mobili hanno influenzato profondamente l'evoluzione dei genomi	316
L'organizzazione dei cromosomi in domini ad asola tiene sotto controllo gli intensificatori	288	Il trasferimento genico orizzontale permette lo scambio di geni tra gli organismi	317
COME SI GENERANO TIPI CELLULARI SPECIALIZZATI	288	COME SI RICOSTRUISCE L'ALBERO GENEALOGICO DELLA VITA	318
I geni degli eucarioti sono controllati da combinazioni di regolatori della trascrizione	289	Le variazioni genetiche che comportano un vantaggio selettivo hanno una maggiore probabilità di essere conservate	318
PERCHÉ LO SAPPIAMO? La regolazione genica: la storia di <i>Eve</i>	290	Gli organismi strettamente correlati contengono genomi che hanno caratteristiche simili a livello di organizzazione e sequenze	319
Una sola proteina può coordinare l'espressione di geni diversi	292	Le regioni indispensabili dal punto di vista funzionale rivelano isole di sequenze di DNA conservato	319
Il controllo combinatorio permette di generare tipi cellulari differenti	293	Dal confronto dei genomi risulta che i vertebrati acquisiscono e perdono rapidamente DNA	321
La formazione di un intero organo può essere innescata da un unico regolatore della trascrizione	294	La conservazione delle sequenze permette di ricostruire anche le parentele evolutive più lontane	322
I regolatori della trascrizione possono essere usati per ottenere <i>in vitro</i> specifici tipi cellulari in coltura	295	GLI ELEMENTI GENETICI MOBILI E I VIRUS	323
Le cellule differenziate mantengono la propria identità	296	Gli elementi genetici mobili codificano le molecole di cui hanno bisogno per spostarsi	324
CONTROLLI POST-TRASCRIZIONALI	298	Le sequenze trasponibili del genoma umano sono classificabili in due famiglie principali	325
Gli mRNA contengono sequenze che ne controllano la traduzione	298	I virus sono in grado di muoversi tra cellule e organismi	326
Gli RNA regolatori controllano l'espressione di migliaia di geni	298	I coronavirus come SARS-CoV-2 utilizzano una replicasi peculiare per copiare i loro genomi a RNA	328
I microRNA guidano la distruzione di mRNA bersaglio	299	Nei retrovirus l'informazione genetica fluisce in direzione opposta a quella consueta	328
I piccoli RNA interferenti proteggono le cellule dalle infezioni	299	L'ANALISI DEL GENOMA UMANO	331
I batteri usano piccoli RNA non codificanti per proteggersi dai virus	301	La sequenza nucleotidica del genoma umano mostra come sono disposti i nostri geni	332
Migliaia di lunghi RNA non codificanti possono anche regolare l'attività genetica dei mammiferi	302	Le differenze nella regolazione genica aiutano a spiegare come gli animali con genomi simili possano essere così diversi	335
 CONCETTI CHIAVE	303	PERCHÉ LO SAPPIAMO? Come contare i geni	336
 PAROLE CHIAVE	304	Il genoma dei Neanderthal estinti rivela molto su ciò che ci rende umani	338
 DOMANDE	304	La variazione genetica contribuisce alla nostra individualità, ma in che modo?	338
CAPITOLO 9		 CONCETTI CHIAVE	340
Come evolvono i geni e i genomi	306	 PAROLE CHIAVE	341
L'ORIGINE DELLA VARIABILITÀ GENETICA	307	 DOMANDE	341
Negli organismi che si riproducono sessualmente vengono trasmesse alla progenie solo le variazioni che interessano la linea germinale	308	CAPITOLO 10	
Le mutazioni puntiformi sono causate dal malfunzionamento dei normali meccanismi di copiatura e riparazione del DNA	310	Analisi della struttura e della funzione dei geni	344
Le mutazioni possono anche modificare la regolazione di un gene	311	ISOLARE E CLONARE LE MOLECOLE DI DNA	345
Le duplicazioni del DNA danno origine a famiglie di geni affini	311	Le nucleasi di restrizione tagliano le molecole di DNA in siti specifici	346
Le duplicazioni e le divergenze hanno prodotto la famiglia dei geni globinici	313	L'elettroforesi su gel separa frammenti di DNA di dimensioni diverse	347
Eventi di duplicazione dell'intero genoma hanno inciso profondamente sulla storia evolutiva di molte specie	314	Il clonaggio del DNA inizia con la produzione di DNA ricombinante	348
Dal rimescolamento degli esoni possono nascere nuovi geni	315	Il DNA ricombinante può essere copiato all'interno delle cellule batteriche	349

Un intero genoma può essere rappresentato in una libreria di DNA 350

L'ibridazione è una tecnica molto sensibile che permette di identificare sequenze nucleotidiche specifiche 352

La reazione a catena della polimerasi (PCR) può essere usata per produrre specifici frammenti di DNA in provetta 352

La PCR può essere usata per applicazioni diagnostiche e forensi 354

■ SEQUENZIARE IL DNA 355

Il sequenziamento dideoxi consiste nell'analisi di catene di DNA interrotte in tutte le posizioni possibili 357

Le tecniche di sequenziamento di nuova generazione permettono di sequenziare il genoma in modo più veloce ed economico 357

PERCHÉ LO SAPIAMO? Come sequenziare il genoma umano 359

Le analisi comparative del genoma permettono di identificare i geni e predirne la funzione 362

■ STUDIARE LA FUNZIONE DEI GENI 362

L'analisi degli mRNA fornisce un'istantanea dell'espressione genica 363

L'ibridazione *in situ* è in grado di rivelare quando e dove un gene viene espresso 363

La profilazione dei ribosomi rivela quali mRNA di una cellula sono tradotti in proteine 364

I geni reporter permettono di tracciare specifiche proteine nelle cellule viventi 365

Lo studio dei mutanti permette di scoprire la funzione di un gene 367

L'interferenza a RNA (RNAi) permette di inibire l'attività di geni specifici 368

È possibile eliminare un gene o sostituirlo con una versione alterata 369

I geni possono essere modificati con grande precisione utilizzando il sistema batterico CRISPR 369

Gli organismi mutanti forniscono utili modelli delle malattie che colpiscono l'essere umano 372

Le piante transgeniche sono importanti sia per la biologia cellulare sia per l'agricoltura 373

Il clonaggio del DNA permette di produrre grandi quantitativi di qualsiasi proteina 374

CONCETTI CHIAVE 376

PAROLE CHIAVE 377

DOMANDE 377

CAPITOLO 11

La struttura delle membrane 379

■ IL DOPPIO STRATO LIPIDICO 380

Nell'acqua i lipidi di membrana si dispongono su due strati 381

Il doppio strato lipidico è un fluido bidimensionale flessibile 384

La fluidità di un doppio strato lipidico dipende dalla sua composizione 385

L'assemblaggio della membrana inizia nel reticolo endoplasmatico 387

Alcuni fosfolipidi sono confinati su un foglietto della membrana 387

■ LE PROTEINE DI MEMBRANA 389

Le proteine di membrana si associano in vari modi al doppio strato lipidico 390

Le catene polipeptidiche in genere attraversano il doppio strato lipidico sotto forma di α -eliche 391

Le proteine di membrana possono essere solubilizzate con detergenti 392

Conosciamo la struttura completa di un numero relativamente piccolo di proteine di membrana 393

La membrana cellulare è rinforzata dal cortex cellulare 394

Le cellule possono limitare lo spostamento di proteine della membrana 395

La superficie della cellula è rivestita di carboidrati 396

PERCHÉ LO SAPIAMO? Come si misura un flusso attraverso la membrana 398

L'aggiunta di lipidi alle proteine ne influenza la capacità di integrarsi nelle membrane 400

CONCETTI CHIAVE 401

PAROLE CHIAVE 402

DOMANDE 402

CAPITOLO 12

Il trasporto attraverso le membrane cellulari 404

■ I PRINCIPI DEL TRASPORTO TRANSMEMBRANA 405

I doppi strati lipidici sono impermeabili agli ioni e alla maggior parte delle molecole polari prive di carica 405

Le proteine di trasporto di membrana facilitano il movimento di specifiche sostanze attraverso la membrana 406

Le concentrazioni ioniche interne alla cellula differiscono notevolmente da quelle esterne 406

La differenza di concentrazione degli ioni inorganici nella membrana cellulare crea un potenziale di membrana 407

I soluti attraversano la membrana per trasporto attivo o passivo 408

Sia il gradiente di concentrazione sia il potenziale di membrana hanno effetti sul trasporto passivo di soluti carichi 408

L'acqua si muove per trasporto passivo attraverso le membrane cellulari secondo il proprio gradiente di concentrazione in un processo detto osmosi 409

■ I TRASPORTATORI E LE LORO FUNZIONI 411

Il trasporto passivo permette il movimento di un soluto lungo il suo gradiente elettrochimico 411

Le pompe trasportano attivamente un soluto contro il suo gradiente elettrochimico 412

La pompa Na^+ delle cellule animali usa l'energia sprigionata dall'idrolisi dell'ATP per espellere l' Na^+ e importare il K^+ 413

La pompa Na ⁺ genera un ripido gradiente di concentrazione di Na ⁺ attraverso la membrana cellulare	414	La glicolisi trae energia dalla scissione degli zuccheri	446
Le pompe Ca ²⁺ mantengono bassa la concentrazione del Ca ²⁺ citosolico	415	La glicolisi produce sia ATP sia NADH	447
I trasportatori accoppiati sfruttano i gradienti dei soluti per mediare il trasporto attivo	416	Durante la fermentazione viene prodotto ATP in assenza di ossigeno	449
Il gradiente elettrochimico dello ione Na ⁺ guida i trasportatori accoppiati nella membrana cellulare delle cellule animali	416	Gli enzimi glicolitici possono accoppiare l'ossidazione all'immagazzinamento dell'energia nei trasportatori attivati	450
Nelle piante, nei funghi e nei batteri i gradienti di H ⁺ servono ad alimentare le pompe accoppiate	417	Numerose molecole organiche sono convertite in acetil-CoA nella matrice mitocondriale	451
I CANALI IONICI E IL POTENZIALE DI MEMBRANA	418	POSTER 13.1 I dettagli dei dieci stadi della glicolisi	454
I canali ionici sono selettivi e possono aprirsi e chiudersi	420	Il ciclo dell'acido citrico produce NADH attraverso l'ossidazione dei gruppi acetile a CO ₂	456
Il potenziale di membrana dipende dalla permeabilità della membrana a specifici ioni	421	Molte vie biosintetiche partono dalla glicolisi o dal ciclo dell'acido citrico	457
I canali ionici oscillano casualmente tra stato aperto e chiuso	422	POSTER 13.2 Ciclo completo dell'acido citrico	458
L'apertura e la chiusura dei canali ionici sono influenzate da stimoli di vario tipo	424	In quasi tutte le cellule il trasporto degli elettroni alimenta la sintesi della maggior parte dell'ATP	460
I canali ionici controllati dal voltaggio rispondono al potenziale di membrana	426	PERCHÉ LO SAPPIAMO? Come si arrivò a far luce sul ciclo dell'acido citrico	461
I CANALI IONICI E LA SEGNALEAZIONE NELLE CELLULE NERVOSE	427	LA REGOLAZIONE DEL METABOLISMO	463
I potenziali d'azione permettono una comunicazione rapida su grandi distanze lungo gli assoni	427	Le reazioni cataboliche e anaboliche sono organizzate e regolate	464
I potenziali d'azione sono mediati dall'attività di canali cationici controllati dal voltaggio	428	Il controllo a retroazione permette alle cellule di passare dalla degradazione alla sintesi del glucosio	465
PERCHÉ LO SAPPIAMO? Dal calamaro i segreti dell'eccitabilità della membrana	429	Le cellule conservano le molecole nutritive in speciali depositi in previsione dei momenti di necessità	466
Nelle terminazioni nervose l'azione di canali per il Ca ²⁺ controllati dal voltaggio converte segnali elettrici in segnali chimici	433	CONCETTI CHIAVE	468
I canali ionici controllati dal trasmettitore nella membrana postsinaptica riconvertono i segnali chimici in segnali elettrici	434	PAROLE CHIAVE	469
I neurotrasmettitori possono essere sia eccitatori sia inibitori	435	DOMANDE	469
I farmaci psicoattivi alterano l'attività dei recettori dei neurotrasmettitori	436	CAPITOLO 14	
La complessità delle connessioni sinaptiche rende possibili il pensiero, l'azione e la memoria	437	La produzione di energia nei mitocondri e nei cloroplasti	471
I canali ionici controllati dalla luce vengono usati per attivare o inattivare in modo transitorio i neuroni degli animali	438	Le cellule si procurano la maggior parte dell'energia tramite un processo basato sulle membrane	472
CONCETTI CHIAVE	440	L'accoppiamento chemiosmotico: un processo che si è conservato nel tempo	473
PAROLE CHIAVE	441	I MITOCONDRI E LA FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA	474
DOMANDE	441	I mitocondri sono strutture dinamiche in grado di modificare forma, posizione, numero e funzione	475
CAPITOLO 13		Il mitocondrio ha una membrana esterna, una interna e due compartimenti interni	476
Come le cellule traggono energia dal cibo	443	Il ciclo dell'acido citrico genera elettroni ad alta energia necessari per la produzione dell'ATP	478
LA DEMOLIZIONE E L'USO DEGLI ZUCCHERI E DEI GRASSI	444	Il movimento degli elettroni è associato al pompaggio dei protoni	479
Le molecole nutritive vengono demolite in tre stadi	445	I protoni sono pompati attraverso la membrana mitocondriale interna tramite la catena di trasporto degli elettroni	480

La pompa protonica crea un ripido gradiente elettrochimico di protoni tra i due lati della membrana mitocondriale interna 481

L'ATP sintasi usa l'energia immagazzinata nel gradiente protonico elettrochimico per produrre ATP 482

Il trasporto accoppiato attraverso la membrana mitocondriale interna è alimentato anche dal gradiente elettrochimico dei protoni 483

La conversione rapida dell'ADP in ATP a livello dei mitocondri mantiene alto il rapporto ATP/ADP nelle cellule 484

La respirazione cellulare ha un'efficacia straordinaria 485

I MECCANISMI MOLECOLARI DEL TRASPORTO DEGLI ELETTRONI E DELLE POMPE PROTONICHE 486

Il trasferimento degli elettroni sposta rapidamente i protoni 486

Il potenziale redox è una misura dell'affinità elettronica 487

Il trasferimento di elettroni libera grandi quantità di energia 488

Alcuni metalli, se legati strettamente alle proteine, diventano trasportatori versatili di elettroni 488

POSTER 14.1 I potenziali redox 489

La citocromo c ossidasi catalizza la riduzione dell'ossigeno molecolare 491

PERCHÉ LO SAPPIAMO? Come l'accoppiamento osmotico determina la sintesi di ATP 493

I CLOROPLASTI E LA FOTOSINTESI 495

I cloroplasti somigliano ai mitocondri ma hanno un compartimento in più, il tilacoide 495

La fotosintesi produce, e poi consuma, ATP e NADPH 496

La radiazione solare viene assorbita dalle molecole di clorofilla 498

Le molecole di clorofilla eccitate convogliano l'energia in un centro di reazione 498

Una coppia di fotosistemi coopera per produrre ATP e NADPH 499

L'ossigeno viene prodotto da un complesso in grado di scindere l'acqua associato al fotosistema II 500

La coppia speciale di clorofilla nel fotosistema I riceve elettroni dal fotosistema II 501

La fissazione del carbonio usa ATP e NADPH per convertire il CO₂ in zuccheri 502

Gli zuccheri prodotti dalla fissazione del carbonio vengono accumulati sotto forma di amido o consumati per sintetizzare ATP e altre molecole organiche 505

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI CHE GENERANO ENERGIA 506

La fosforilazione ossidativa si è evoluta in varie fasi 506

I batteri fotosintetici si resero ancora più indipendenti dalle risorse ambientali 507

Il regime metabolico di *Methanococcus* indica che l'accoppiamento chemiosmotico ha origini molto antiche 509

CONCETTI CHIAVE 510

PAROLE CHIAVE 511

DOMANDE 511

CAPITOLO 15

Compartimenti intracellulari e trasporto di proteine 514

GLI ORGANULI DELIMITATI DA MEMBRANA 515

Le cellule eucariote possiedono un corredo base di organuli delimitati da membrana 515

L'origine degli organuli delimitati da membrana è associata alla crescita delle dimensioni cellulari 518

LO SMISTAMENTO DELLE PROTEINE 519

Esistono tre meccanismi con i quali le proteine vengono trasportate negli organuli 519

Le sequenze segnale indirizzano le proteine al compartimento appropriato 521

Le proteine entrano nel nucleo passando per i pori nucleari 522

Per entrare nei mitocondri e nei cloroplasti le proteine devono perdere il loro avvolgimento 523

Le proteine entrano nei perossisomi dal citosol e dal reticolo endoplasmatico 525

Le proteine entrano nel reticolo endoplasmatico durante la loro sintesi 526

Le proteine solubili prodotte sull'RE vengono rilasciate nel lume dell'RE 528

I segnali di avvio e di arresto determinano la disposizione di una proteina transmembrana nel doppio strato lipidico 529

Le giunzioni tra il reticolo endoplasmatico e altri organuli facilitano il trasferimento di specifici lipidi 530

IL TRASPORTO VESCICOLARE 531

Le vescicole di trasporto portano proteine solubili e membrane da un compartimento all'altro 532

La gemmazione di vescicole dipende dalla formazione di un rivestimento proteico 532

L'attracco delle vescicole dipende da specifiche proteine e da SNARE 535

LE VIE DI SECREZIONE 536

La maggior parte delle proteine subisce modifiche covalenti nel reticolo endoplasmatico 537

La qualità delle proteine in uscita dall'RE è assicurata da controlli 538

Le dimensioni dell'RE dipendono dalla richiesta di proteine 539

Nell'apparato di Golgi le proteine sono ulteriormente modificate e poi smistate 539

PERCHÉ LO SAPPIAMO? Come seguire il trasporto di proteine e vescicole 541

Le proteine secrete sono estromesse dalla cellula per esocitosi 543

LE VIE ENDOCITICHE 544

Le particelle di grandi dimensioni sono ingerite da cellule fagocitiche specializzate 545

La pinocitosi permette di assumere fluidi e macromolecole 546

L'endocitosi mediata da recettori costituisce una via d'ingresso specifica nella cellula animale 546

Le macromolecole introdotte per endocitosi vengono smistate dagli endosomi 548

I lisosomi sono le sedi principali della digestione intracellulare

549

 **CONCETTI CHIAVE**

 **PAROLE CHIAVE**

 **DOMANDE**

551

553

CAPITOLO 16

La segnalazione cellulare

555

I PRINCIPI GENERALI DELLA SEGNALEZIONE CELLULARE

556

I segnali possono esercitare la loro azione a breve o ad ampio raggio

556

I segnali extracellulari agiscono tramite specifici recettori per cambiare i comportamenti cellulari

559

La risposta di una cellula a un segnale può essere rapida o lenta

561

I recettori di superficie ritrasmettono il segnale extracellulare tramite apposite vie intracellulari

561

Alcune proteine segnale intracellulari funzionano come interruttori molecolari

563

Ci sono tre classi principali di recettori della superficie cellulare

565

I recettori accoppiati a canali ionici trasformano segnali chimici in segnali elettrici

565

■ RECETTORI ACCOPPIATI A PROTEINE G

567

La stimolazione dei recettori accoppiati a proteine G attiva le subunità delle proteine G

568

Alcune tossine batteriche causano malattie alterando l'attività di proteine G

569

Alcune proteine G regolano direttamente dei canali ionici

570

Molte proteine G attivano enzimi legati alla membrana che producono piccole molecole segnale

570

La via di segnalazione dell'AMP ciclico può attivare enzimi e accendere geni

571

La via dell'inositolo innesca un aumento della concentrazione intracellulare del Ca^{2+}

574

Il Ca^{2+} è un segnale che innesca molti processi biologici

575

Alcune vie di segnalazione innescata dai GPCR generano un gas solubile che trasporta un segnale a cellule adiacenti

576

Le vie di segnalazione all'interno delle cellule innescate dai GPCR possono raggiungere velocità, sensibilità e capacità di adattamento notevoli

577

■ RECETTORI ACCOPPIATI A ENZIMI

579

Sui recettori RTK attivati si aggregano complessi di proteine di segnalazione intracellulari

580

Moltissimi recettori tirosina chinasi attivano una proteina G monomerica detta Ras

582

Gli RTK stimolano la fosfoinositide 3 chinasi a generare siti di attracco lipidici nella membrana cellulare

583

PERCHÉ LO SAPPIAMO? Il difficile compito di identificare le vie di segnalazione intracellulari

586

Alcuni recettori attivano una corsia preferenziale rapida diretta al nucleo

588

Alcune molecole segnale extracellulari attraversano la membrana cellulare e si legano a recettori intracellulari

588

La comunicazione tra cellule si è evoluta indipendentemente nelle piante e negli animali

590

Le reti di segnalazione basate su proteina chinasi integrano l'informazione che controlla comportamenti cellulari complessi

590

 **CONCETTI CHIAVE**

592

 **PAROLE CHIAVE**

594

 **DOMANDE**

594

CAPITOLO 17

Il citoscheletro

596

■ I FILAMENTI INTERMEDI

598

I filamenti intermedi sono robusti e simili a corde

598

I filamenti intermedi rendono la cellula più resistente alle sollecitazioni meccaniche

600

L'involucro nucleare è sostenuto da un reticolato di filamenti intermedi

601

Alcune proteine collegano i filamenti citoscheletrici e fanno da ponte con l'involucro nucleare

602

■ I MICROTUBULI

603

I microtubuli sono cilindri cavi con estremità strutturalmente diverse

604

I microtubuli crescono a partire da centri specializzati di organizzazione dei microtubuli

605

I microtubuli presentano un'instabilità dinamica

606

I microtubuli organizzano il citoplasma

607

Le proteine che si legano ai microtubuli regolano la dinamica e l'organizzazione dei microtubuli

608

Le proteine motrici associate ai microtubuli guidano il trasporto intracellulare

610

Microtubuli e proteine motrici posizionano gli organuli nel citoplasma

612

PERCHÉ LO SAPPIAMO? A caccia di proteine motrici

613

Le ciglia e i flagelli contengono microtubuli stabili azionati dalla dineina

615

■ I FILAMENTI DI ACTINA

617

I filamenti di actina sono sottili e flessibili

618

Actina e tubulina polimerizzano con un meccanismo simile

618

Molte proteine legano l'actina e ne modificano le proprietà

619

Le miosine sono proteine motrici che si legano all'actina

620

Nella maggior parte delle cellule eucariote la regione sotto la membrana cellulare è ricca di actina

621

Lo spostamento strisciante delle cellule dipende dall'actina del cortex

621

Le proteine che legano l'actina influiscono sul tipo di prolungamenti che si formano al margine guida

623

I segnali extracellulari modificano la disposizione dei filamenti di actina

624

I filamenti di actina collaborano con i microtubuli per stabilire la polarità cellulare

625

■ LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

626

La contrazione muscolare si deve all'interazione di fasci di actina e miosina

626

Durante la contrazione muscolare i filamenti di actina scorrono in senso contrario a quelli di miosina

627

La contrazione muscolare si innesca per un improvviso aumento della concentrazione di ioni Ca^{2+}

629

Le diverse cellule muscolari sono specializzate per svolgere funzioni differenti

632

 **CONCETTI CHIAVE**

 **PAROLE CHIAVE**

 **DOMANDE**

CAPITOLO 18

Il ciclo cellulare

636

■ GENERALITÀ SUL CICLO CELLULARE

637

Il ciclo cellulare degli eucarioti comprende quattro fasi

638

Il sistema di controllo del ciclo cellulare attiva i principali processi del ciclo cellulare

639

Il controllo del ciclo cellulare è simile in tutti gli eucarioti

640

■ IL SISTEMA DI CONTROLLO DEL CICLO CELLULARE

640

Il sistema di controllo del ciclo cellulare si basa sulle Cdk, proteina chinasi che si attivano ciclicamente

640

I vari complessi ciclina-Cdk avviano tappe diverse del ciclo cellulare

641

PERCHÉ LO SAPPIAMO? La scoperta delle cicline e delle Cdk

642

Le concentrazioni delle cicline sono regolate mediante modulazione della trascrizione e proteolisi

644

L'attività dei complessi ciclina-Cdk è controllata da eventi di fosforilazione e defosforilazione e da proteine che inibiscono le Cdk

645

Le fosfatasi proteiche invertono gli effetti delle Cdk

645

Centinaia di proteine bersaglio di Cdk vengono fosforilate secondo un ordine definito

646

Il sistema di controllo del ciclo cellulare può interrompere il ciclo in vari modi

647

■ LA FASE G_1

647

Le Cdk sono stabilmente inattivate nella fase G_1 precoce

648

I mitogeni inducono la produzione di cicline che stimolano la divisione cellulare

648

Il danno al DNA può bloccare temporaneamente la progressione in G_1

650

Le cellule possono ritardare la divisione per periodi prolungati entrando in specifici stadi di non divisione

650

■ LA FASE S

651

Il complesso S-Cdk dà avvio alla replicazione del DNA e impedisce una seconda replicazione

652

Una replicazione incompleta può bloccare il ciclo cellulare nella fase G_2

653

■ LA FASE M

653

Il complesso M-Cdk induce l'ingresso nella mitosi

653

Le coesine e le condensine contribuiscono a configurare i cromosomi duplicati per la segregazione

654

Diverse strutture del citoscheletro svolgono la mitosi e la citochinesi

655

La fase M comprende più stadi

656

■ LA MITOSI

656

I centrosomi si duplicano contribuendo alla formazione di due poli del fuso mitotico

656

Il fuso mitotico è una macchina dinamica basata sui microtubuli

657

POSTER 18.1 Stadi principali della fase M di una cellula di mammifero

658

I cromosomi si attaccano al fuso mitotico durante la prometafase

660

I cromosomi contribuiscono all'assemblaggio del fuso mitotico

662

Nella metafase i cromosomi sono allineati all'equatore del fuso

662

La separazione dei cromatidi fratelli in anafase è innescata da una proteolisi

663

I cromosomi si segregano durante l'anafase

664

I cromosomi non collegati al fuso bloccano la separazione dei cromatidi fratelli

664

L'involucro nucleare si riforma durante la telofase

665

■ LA CITOCINESI

666

Il fuso mitotico determina il piano di scissione

666

L'anello contrattile delle cellule animali è composto da filamenti di actina e di miosina

667

Nelle cellule vegetali la citochinesi comporta la formazione di una nuova parete cellulare

668

Quando una cellula si divide, gli organuli delimitati da membrana devono essere distribuiti alle cellule figlie

668

■ IL CONTROLLO DI CRESCITA, DIVISIONE E SOPRAVVIVENZA CELLULARE

669

Le cellule animali necessitano di segnali extracellulari per sopravvivere, accrescersi e dividersi

670

I mitogeni stimolano la divisione cellulare promuovendo l'entrata nel ciclo cellulare

670

I fattori di crescita stimolano la crescita cellulare

671

L'apoptosi contribuisce a regolare il numero di cellule degli animali

672

L'apoptosi è mediata da una cascata proteolitica intracellulare

673

La morte programmata è sotto il controllo delle proteine intracellulari della famiglia Bcl_2

674

La via estrinseca dell'apoptosi è attivata da segnali inviati da altre cellule

674

I fattori di sopravvivenza promuovono la sopravvivenza cellulare tramite la soppressione dell'apoptosi 675

Alcune proteine segnale extracellulari inibiscono sopravvivenza, divisione e crescita cellulare 676

 **CONCETTI CHIAVE** 677

 **PAROLE CHIAVE** 678

 **DOMANDE** 678

CAPITOLO 19

La riproduzione sessuata e la genetica 681

I VANTAGGI DEL SESSO 682

La riproduzione sessuata coinvolge cellule diploidi e aploidi 682

La riproduzione sessuata genera la diversità genetica 683

La riproduzione sessuata fornisce agli organismi un vantaggio competitivo in un ambiente in evoluzione 683

LA MEIOSI E LA FECONDAZIONE 684

La meiosi comprende una singola duplicazione del DNA seguita da due divisioni cellulari 685

I cromosomi omologhi duplicati si appaiano durante la profase meiotica 685

In ogni bivalente può avere luogo una ricombinazione tra cromosomi paterni e materni duplicati 687

L'appaiamento e la ricombinazione dei cromosomi garantiscono una corretta segregazione degli omologhi 689

La seconda divisione meiotica produce cellule figlie aploidi 690

I gameti aploidi contengono informazioni genetiche riassortite 691

La meiosi non è esente da errori 692

Con la fecondazione si ricostituisce un genoma diploide completo 693

MENDEL E LE LEGGI DELL'EREDITARIETÀ 693

Mendel studiò i caratteri che si trasmettono secondo unità discrete 694

Mendel smentì le teorie alternative dell'ereditarietà 694

Gli esperimenti di Mendel rivelarono l'esistenza di alleli dominanti e recessivi 695

Ogni gamete ha un solo allele per ciascun carattere 696

La legge mendeliana della segregazione si applica a tutti gli organismi che si riproducono per via sessuata 697

Gli alleli per caratteri diversi segregano indipendentemente 698

Alla base delle leggi mendeliane dell'ereditarietà c'è il comportamento dei cromosomi durante la meiosi 699

Anche i geni presenti sullo stesso cromosoma possono segregare indipendentemente 701

Le mutazioni nei geni possono provocare una perdita o un guadagno di funzione 702

Siamo tutti portatori di mutazioni recessive potenzialmente dannose 703

LA GENETICA COME STRUMENTO SPERIMENTALE 703

L'approccio genetico classico inizia dalla mutagenesi casuale 704

I mutanti condizionali permettono lo studio delle mutazioni letali 705

POSTER 19.1 Principali concetti alla base della genetica classica 706

Il test di complementazione permette di capire se due mutazioni colpiscono uno stesso gene 708

ESPLORARE LA GENETICA UMANA 708

Abbiamo ereditato dei blocchi concatenati di polimorfismi dai nostri antenati 708

I polimorfismi forniscono indizi sulla nostra storia evolutiva 709

Gli studi di genetica contribuiscono a scoprire le cause delle malattie umane 710

Molte malattie gravi e rare sono causate da mutazioni in singoli geni 710

Le malattie umane più comuni sono spesso influenzate da mutazioni multiple e fattori ambientali 712

Gli studi di associazione su scala genomica consentono l'identificazione di mutazioni associate a malattie 712

C'è ancora molto da imparare sulla relazione tra le basi genetiche dell'eterogeneità individuale e le malattie 713

PERCHÉ LO SAPIAMO? L'uso di SNP nella comprensione delle malattie genetiche umane 714

 **CONCETTI CHIAVE** 716

 **PAROLE CHIAVE** 717

 **DOMANDE** 718

CAPITOLO 20

Comunità di cellule: tessuti, cellule staminali e cancro 720

LA MATRICE EXTRACELLULARE E I TESSUTI CONNETTIVI 721

Le cellule vegetali hanno robuste pareti esterne 722

Le microfibrille di cellulosa determinano la resistenza alla trazione della parete delle cellule vegetali 723

I tessuti connettivi animali sono composti in gran parte di matrice extracellulare 725

Il collagene determina la resistenza alla trazione dei connettivi animali 725

Le cellule modellano il collagene che deve essere secreto 727

Le integrine connettono la matrice extracellulare con il citoscheletro all'interno della cellula 727

Gel composti da polisaccaridi e proteine riempiono gli spazi vuoti e conferiscono resistenza alla compressione 729

I FOGLIETTI EPITELIALI E LE GIUNZIONI CELLULARI 731

I foglietti epiteliali hanno una polarità e poggiano su una lamina basale	732	■ IL CANCRO	748
Le giunzioni strette sigillano l'epitelio impedendo le perdite e separano il lato apicale dal lato basale	732	Proliferazione incontrollata e migrazione anomala delle cellule tumorali	749
Le cellule epiteliali sono saldate tra loro e alla lamina basale da giunzioni collegate al citoscheletro	734	L'epidemiologia permette di identificare le cause del cancro sulle quali si può fare prevenzione	750
Le giunzioni comunicanti permettono il passaggio di ioni citosolici inorganici e di piccole molecole da una cellula all'altra	736	Il cancro si sviluppa in seguito all'accumulo di mutazioni somatiche	750
■ CELLULE STAMINALI E RINNOVAMENTO DEI TESSUTI	738	Le cellule tumorali evolvono acquisendo un vantaggio competitivo crescente	752
Da una cellula uovo fecondata derivano tutti i tipi cellulari e i tessuti del corpo	739	Due classi principali di geni sono cruciali per lo sviluppo del cancro: oncogeni e oncosoppressori	754
I tessuti sono insieme organizzati di cellule di vario tipo	740	Le mutazioni che causano il cancro si concentrano in poche vie cellulari fondamentali	756
Il ritmo di rinnovamento è diverso tra i vari tessuti	741	Il carcinoma del colon-retto permette di capire come la perdita di un gene oncosoppressore possa condurre al cancro	756
Le cellule staminali e i precursori proliferanti riforniscono continuamente l'organismo di cellule terminalmente differenziate	742	La comprensione della biologia cellulare del cancro apre la strada a nuove terapie	758
Le popolazioni di cellule staminali sono mantenute da specifici segnali	744	PERCHÉ LO SAPPIAMO? Come comprendere i geni cruciali per il cancro	760
Le cellule staminali possono essere usate per riparare tessuti persi o danneggiati	745	🔍 CONCETTI CHIAVE	762
Le cellule staminali pluripotenti indotte rappresentano una valida alternativa alle cellule ES	746	🔍 PAROLE CHIAVE	763
Le cellule staminali pluripotenti murine e umane possono formare organoidi in coltura	747	❓ DOMANDE	764
		■ INDICE ANALITICO	765

Le risorse digitali

A questo indirizzo sono disponibili le risorse digitali di complemento al libro:

universita.zanichelli.it/alberts-ess6e

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su **my.zanichelli.it** inserendo il codice di attivazione personale che si trova sull'etichetta adesiva nella prima pagina del libro.

Nel sito del libro è possibile:

- accedere alla **Guida allo studio** interattiva, per tenere traccia dei progressi nello studio;
- guardare **oltre 140 video** per comprendere meglio strutture e processi biomolecolari;
- trovare le **risposte alle domande** presenti a fine capitolo;
- consultare il **Glossario interattivo**;
- leggere l'approfondimento **Perché fidarsi della scienza?**;
- trovare i link per i **test interattivi di autovalutazione** di ogni capitolo e il **Simulatore interattivo** che propone esercizi trasversali al programma, per prepararsi all'esame.

Le risorse sono visualizzabili direttamente anche sullo smartphone scaricando l'app **laZ Guarda!**.

Le risorse digitali sono disponibili per chi acquista il libro nuovo. L'accesso all'Ebook e alle risorse digitali protette è personale, non condivisibile e non cedibile, né autonomamente né con la cessione del libro cartaceo.

L'app laZ Guarda!

Con l'app **laZ Guarda!** si può accedere ai contenuti digitali in modo immediato usando un device portatile, come lo smartphone o il tablet. Inquadrando le icone simili a quella qui a lato, a inizio di ogni capitolo, si può accedere ai test interattivi, ai video e ad altre risorse digitali. L'app **laZ Guarda!** si scarica da App Store (sistemi operativi Apple) o da Google Play (sistemi operativi Android).

