

Mader – Immagini e concetti della biologia 2° edizione
Sintesi di fine capitolo – C PLUS

C1 – L'organizzazione corporea e l'omeostasi

Quattro tipi fondamentali di tessuto

1.1 Nel nostro corpo ci sono più livelli di organizzazione biologica

- Nello schema: cellula → tessuto → organo → apparato/sistema → organismo
 - un tessuto è composto da cellule simili che svolgono una funzione simile;
 - un organo è formato da diversi tipi di tessuti disposti in un determinato modo;
 - un apparato/sistema è costituito da diversi organi che lavorano insieme per svolgere le funzioni necessarie per l'organismo.

1.2 Il tessuto epiteliale copre gli organi e le cavità del corpo

- Essendo spesso una cellula, il tessuto epiteliale può essere protettivo e tuttavia permettere anche alle sostanze di passarvi attraverso.
- Le cellule epiteliali si connettono tra loro tramite giunzioni occludenti, giunzioni aderenti e giunzioni comunicanti.
- Una membrana basale fissa l'epitelio al tessuto connettivo sottostante.
- Le cellule dell'epitelio possono essere di forma squamosa, cuboidale o colonnare; possono anche essere semplici o stratificate.
- Una o più cellule epiteliali formano le ghiandole.

1.3 Il tessuto connettivo collega e dà sostegno agli altri tipi di tessuti

- Le cellule del tessuto connettivo sono separate da una matrice, che varia dal solido (come nell'osso) al semifluido (come nella cartilagine) e al fluido (come nel sangue).
- I tipi di tessuto connettivo sono tessuto connettivo denso, tessuto connettivo lasso, adiposo, cartilagineo, osseo ed ematico.

1.4 Il tessuto muscolare è contrattile e permette il movimento

- I muscoli scheletrici, attaccati dai tendini alle ossa, sono volontari.
- Il muscolo cardiaco, che si trova nelle pareti del cuore, è involontario.
- Il muscolo liscio, che si trova nelle pareti dei visceri, è involontario.

1.5 Il tessuto nervoso comunica con gli organi e ne regola le funzioni

- Il tessuto nervoso coordina le parti del corpo e consente agli animali di reagire al proprio ambiente.
- Il sistema nervoso riceve input sensoriali, integra i dati e genera una risposta.
- Un neurone è composto da dendriti, un corpo cellulare e un assone.

- Le cellule della glia sostengono e nutrono i neuroni; ne esistono diversi tipi: microglia, astrociti e oligodendrociti.

La coordinazione dei diversi tessuti di un organo

1.6 Un organo come la cute ha una precisa struttura e una funzione specifica

- La pelle nei vertebrati è un organo composto da un'epidermide (epitelio stratificato) e un derma (tessuto connettivo denso).
- Uno strato sottocutaneo (tessuto connettivo lasso) si trova tra la pelle e le strutture sottostanti..

Il mantenimento dell'omeostasi

1.7 I vari organi di un sistema lavorano in sinergia per una funzione complessa

- Le funzioni di un apparato comprendono controllo, input sensoriale e output motorio, trasporto, manutenzione e riproduzione.
- Controllo: sistemi nervosi ed endocrini.
- Input sensoriale / output motorio: sistemi tegumentario, scheletrico e muscolare.
- Trasporto: sistemi cardiovascolari e linfatici.
- Manutenzione: sistemi digestivi, respiratori e urinari.
- Riproduttivo: sistema riproduttivo.

1.8 Omeostasi significa mantenere costante l'ambiente corporeo interno

- L'ambiente interno del corpo è costituito da sangue e liquido interstiziale.
- Il liquido interstiziale rimane costante grazie allo scambio di sostanze nutritive e di rifiuti con il sangue:
sangue \Leftrightarrow nutrienti / rifiuti \Leftrightarrow liquido interstiziale
- Tutti i sistemi del corpo contribuiscono all'omeostasi.
- Esempi di omeostasi comprendono la temperatura corporea, il contenuto di acqua nelle cellule, la concentrazione di CO₂ nel sangue, il pH e la concentrazione di glucosio che rimangono nei limiti normali.

1.9 La retroazione negativa garantisce il mantenimento dell'equilibrio

- Un meccanismo di feedback negativo è determinato da un sensore e un centro di controllo. L'output del sistema smorza lo stimolo originale, impedendo il cambiamento nella stessa direzione.

C2 – Il sistema nervoso

La risposta agli stimoli

2.1 Il sistema nervoso centrale si sviluppa dal tubo neurale

- L'organizzazione nervosa dei vertebrati è caratterizzata da simmetria bilaterale, cefalizzazione e aumento del numero di neuroni.

2.2 L'essere umano ha sistema nervoso centrale e periferico ben sviluppati

- Il sistema nervoso centrale (SNC) è composto dal midollo spinale e dal cervello.
- Il sistema nervoso periferico (SNP) è costituito da nervi e gangli al di fuori del sistema nervoso centrale.

L'elaborazione degli stimoli

2.3 I neuroni sono le unità funzionali del sistema nervoso

- I neuroni ricevono e trasmettono informazioni sensoriali e trasportano segnali a ghiandole e muscoli.
- Le cellule della glia sostengono e nutrono i neuroni. Le cellule di Schwann formano le guaine mieliniche.
- Un neurone è costituito da tre parti: un corpo cellulare, vari dendriti e un assone.
- I tre tipi di neuroni sono: motori, sensoriali e interneuroni.

2.4 La membrana di un neurone inattivo è soggetta al potenziale di riposo

- In un potenziale di riposo, l'assone non sta conducendo l'impulso; c'è più Na^+ all'esterno dell'assone e più K^+ all'interno dell'assone.

2.5 La membrana di un neurone attivo è soggetta al potenziale d'azione

- Un potenziale d'azione è un rapido cambiamento di polarità attraverso la membrana assonica quando si verifica l'impulso nervoso: il canale Na^+ si apre e Na^+ si sposta all'interno dell'assone; il canale K^+ si apre e K^+ si sposta all'esterno dell'assone.

2.6 La comunicazione tra i neuroni avviene nelle sinapsi

- La sinapsi è un piccolissimo spazio fra un terminale assonico e un dendrite.
- La trasmissione dell'impulso nervoso avviene quando un neurotrasmettitore viene rilasciato nello spazio sinaptico.

2.7 I neurotrasmettitori possono essere eccitatori o inibitori

- Il legame del neurotrasmettitore con i recettori provoca la stimolazione o l'inibizione.
- L'acetilcolina stimola i muscoli scheletrici; la noradrenalina stimola solitamente la muscolatura liscia.

2.8 L'integrazione è la somma elaborata di segnali eccitatori e inibitori

- Un neurone riceve e integra i segnali, i quali possono essere eccitatori o inibitori.
- Un segnale eccitatorio guida un neurone più vicino alla soglia (effetto depolarizzante).
- Un segnale inibitorio guida un neurone oltre la soglia (un effetto iperpolarizzante).

2.9 Alcune sostanze alterano le dinamiche dei neurotrasmettitori

- Tossicodipendenza: serve più droga per ottenere lo stesso effetto.
- L'alcol agisce come un depressivo in molte parti del cervello, influenzando sul rilascio o sull'assorbimento del neurotrasmettitore.
- La nicotina si lega ai neuroni provocando il rilascio di dopamina e agisce come uno stimolante.
- La marijuana contiene THC, che imita l'azione di un neurotrasmettitore dando luogo a euforia e alterazione della visione e del giudizio.

Il sistema nervoso centrale

2.10 Il midollo spinale e l'encefalo lavorano in stretta connessione

- Complessivamente, il cervello e il midollo spinale risvegliano il sistema nervoso centrale.
- Il midollo spinale permette di portare messaggi da e verso il cervello.

2.11 Il cervello svolge le attività di integrazione

- Il cervello è composto da due emisferi cerebrali collegati dal corpo calloso; ogni emisfero cerebrale possiede quattro lobi: frontale, parietale, occipitale e temporale.
- L'area motoria primaria invia comandi motori volontari ai muscoli scheletrici; l'area somatosensoriale primaria riceve informazioni sensoriali dalla pelle e dai muscoli scheletrici.
- I nuclei basali nella materia bianca integrano i comandi motori.

2.12 Le altre parti dell'encefalo svolgono funzioni specializzate

- L'ipotalamo controlla l'omeostasi, mentre il talamo invia input sensoriali al cervello.
- Il cervelletto coordina le contrazioni dei muscoli scheletrici.
- Il bulbo e il ponte contengono centri per la regolazione della respirazione, del battito cardiaco e della pressione sanguigna.
- Il sistema di attivazione reticolare stimola il cervello attraverso il talamo, inducendo una condizione di allerta.

2.13 Il sistema limbico modula la memoria, l'apprendimento e le emozioni

- L'ippocampo è coinvolto nell'immagazzinamento e nel recupero dei ricordi.

- L'amigdala determina quando una situazione induca paura.

Il sistema nervoso periferico

2.14 Gangli e nervi costituiscono il sistema nervoso periferico

- I nervi cranici portano gli impulsi da e verso il cervello.
- I nervi spinali prendono impulsi da e verso il midollo spinale.

2.15 I riflessi sono risposte automatiche del sistema nervoso somatico

- Il sistema nervoso periferico è diviso in sistema somatico e sistema autonomo.
- I nervi nel sistema somatico lavorano con la pelle, le articolazioni e i muscoli scheletrici.
- Alcune azioni sono dovute ai riflessi, che sono automatici e involontari.

2.16 I sistemi autonomo parasimpatico e simpatico controllano le azioni degli organi interni

- Il sistema nervoso parasimpatico governa le risposte che si verificano durante i periodi di rilassamento.
- Il sistema nervoso simpatico è responsabile delle risposte che si verificano durante i periodi di stress.

C3 – Gli organi di senso

I recettori sensoriali

3.1 I recettori sensoriali si possono dividere in cinque categorie

- I chemiocettori, i termocettori e i meccanocettori sono tipi comuni di recettori sensoriali.
- I recettori del dolore rispondono, per esempio, a temperature o pressioni eccessive e a diverse sostanze chimiche.
- I recettori elettromagnetici sono stimolati da cambiamenti nelle onde elettromagnetiche (per esempio i fotorecettori alle radiazioni UV).

3.2 I recettori sensoriali comunicano con il sistema nervoso centrale

- I recettori sensoriali avviano impulsi nervosi che vengono trasmessi al midollo spinale e/o al cervello.
- La sensazione si verifica quando gli impulsi nervosi raggiungono la corteccia cerebrale.
- L'adattamento sensoriale è un tipo di integrazione in base al quale la risposta a uno stimolo diminuisce gradualmente.

I chemiocettori

3.3 I recettori del gusto sono localizzati in bocca

- Sulla lingua sono presenti circa 3000 papille gustative.
- I quattro principali tipi di gusto sono dolce, aspro, salato e amaro; un quinto è chiamato umami.

3.4 I recettori dell'olfatto sono localizzati nel naso

- Le cellule olfattive sono neuroni modificati situati in alto nella cavità nasale.
- Il gusto e l'olfatto dipendono dalla combinazione di recettori che vengono stimolati.

I fotorecettori

3.5 L'occhio a camera funziona con un'unica lente

- I tre strati dell'occhio sono la sclera, la coroide e la retina.
- Il punto cieco è l'area che non contiene bastoncelli o coni, dove il nervo ottico esce dalla retina.

3.6 Il cristallino contribuisce a mettere a fuoco gli oggetti

- La luce passa attraverso la pupilla e si concentra sulla retina.
- Nell'accomodazione visiva, l'obiettivo si arrotonda per permettere la vista di oggetti vicini.
- Con l'invecchiamento, la lente perde la sua capacità di adattarsi e diventa soggetta alla cataratta.

3.7 La retina invia informazioni alla corteccia visiva

- Il primo strato della retina contiene coni e bastoncelli:
 - i bastoncelli sono i recettori sensoriali per la luce fioca;
 - i coni sono i recettori sensoriali per luce e colori brillanti.
- Nel daltonismo, un tipo di cono è difettoso o in numero carente.
- Gli altri due strati della retina sono composti dalle cellule bipolari e dalle cellule gangliari.

I meccanoceffori

3.8 L'apparato uditivo è formato da orecchio esterno, medio e interno

- L'orecchio esterno contiene la pinna e il canale uditivo; l'orecchio medio ospita il timpano e gli ossicini; e nell'orecchio interno si trovano i canali semicircolari, del vestibolo e della coclea.
- L'orecchio ha un ruolo sia nell'udito, sia nell'equilibrio.
- I meccanoceffori dell'orecchio interno sono costituiti da cellule ciliate con stereociglia.

3.9 Le vibrazioni sonore sono captate da cellule ciliate

- Per poter udire, il timpano e gli ossicini amplificano le onde sonore che colpiscono la membrana della finestra ovale.
- In risposta alle vibrazioni, le cellule ciliate presenti sulla membrana basilare dell'organo del Corti inviano impulsi alla corteccia cerebrale, dove vengono interpretati come suoni.

3.10 Nell'orecchio interno si trova anche il senso dell'equilibrio

- Per l'equilibrio rotazionale, i meccanorecettori nei canali semicircolari rilevano movimenti rotatori e/o angolari della testa.
- Per l'equilibrio gravitazionale, i meccanoceffori nell'utricolo e nel sacco rilevano i movimenti della testa sul piano verticale o orizzontale.

C4 – I sistemi scheletrico e muscolare

Le funzioni dello scheletro

4.1 L'endoscheletro dei mammiferi assolve diverse funzioni

- Lo scheletro è necessario per il movimento, protegge gli organi interni, aiuta la respirazione, immagazzina e rilascia calcio e assiste altri sistemi.

Le ossa dello scheletro

4.2 Le ossa dello scheletro assiale si trovano sulla linea mediana del corpo

- Lo scheletro assiale è costituito da cranio, colonna vertebrale, gabbia toracica, osso sacro e coccige:
 - il cranio e le ossa facciali del cranio proteggono il cervello;
 - la colonna vertebrale, composta da vertebre separate da dischi che assorbono gli urti, protegge il midollo spinale e i nervi, e ancora tutte le altre ossa;
 - la gabbia toracica, composta dalle costole, dalle cartilagini costali e dallo sterno, protegge il cuore e i polmoni.

4.3 Lo scheletro appendicolare è costituito dai cinti e dalle ossa degli arti

- Le ossa della cintura pettorale (spalla) e degli arti superiori sono adattate per la flessibilità.
- La cintura pelvica (ossa delle anche) e gli arti inferiori sono adattati per forza e sostegno.

4.5 Le ossa sono composte da tessuti irrorati e innervati

- L'osso lungo (per esempio l'omero) presenta le seguenti strutture:
 - la cavità midollare che contiene il midollo osseo giallo;
 - l'osso compatto ai lati contiene osteoni separati da una matrice dura;
 - l'osso spugnoso alle estremità contiene midollo osseo rosso;
 - la cartilagine articolare copre le estremità di un osso lungo.

La contrazione muscolare

4.6 I muscoli scheletrici svolgono diversi ruoli strutturali e funzionali

- L'apparato muscolo-scheletrico sostiene il corpo, fa muovere le ossa, aiuta a mantenere una temperatura corporea costante, aiuta il movimento del sangue nelle vene, aiuta a proteggere gli organi interni e stabilizza le articolazioni.

4.7 I muscoli scheletrici si contraggono per unità motorie

- I muscoli, attaccati alle ossa dai tendini, lavorano in coppie antagoniste.
- Un muscolo di balena ha diverse unità motorie:
 - un ciclo di contrazione comprende contrazione, rilassamento e fase latente;
 - il reclutamento è l'attivazione di più unità;
 - il tono richiede che alcune unità siano sempre in contrazione.

4.8 In una cellula muscolare contratta, i sarcomeri si accorciano

- Le miofibrille, composte da unità chiamate sarcomeri, costituiscono la porzione contrattile di una cellula muscolare.

4.9 L'ATP per la contrazione muscolare proviene da tre fonti

- La via della creatina-fosfato (CP) è semplice e rapida; la fermentazione (anaerobica) produce due molecole di ATP per un glucosio; e la respirazione cellulare (aerobica) produce ATP e utilizza glucosio.

4.10 Le fibre muscolari sono di due tipi: rapide e lente

- Le fibre a contrazione rapida sono anaerobiche e di colore chiaro; forniscono energia esplosiva a breve termine.
- Le fibre a contrazione lenta sono aerobiche e di colore scuro; sono utili per le attività che richiedono resistenza a lungo termine.

C5 – La circolazione e il sangue

La circolazione sanguigna nei vertebrati

5.1 Il sistema circolatorio garantisce i bisogni metabolici delle cellule

- Il sistema circolatorio fornisce ossigeno e sostanze nutritive alle cellule ed elimina l'anidride carbonica e altri rifiuti.

5.2 Tutti i vertebrati hanno un sistema circolatorio chiuso

- I pesci hanno un sistema circolatorio ad anello unico; il cuore ha un atrio singolo e un singolo ventricolo.
- Altri vertebrati hanno un sistema circolatorio a due circuiti: gli anfibi e la maggior parte dei rettili presenta due atri e un ventricolo; il cuore di uccelli e mammiferi ha due atri e due ventricoli.

5.3 Il cuore ha quattro camere: due atri e due ventricoli

- Un setto separa il cuore nelle metà destra e metà sinistra.
- Ogni lato del cuore presenta un atrio e un ventricolo.
- Le arterie portano il sangue fuori dal cuore; le vene portano il sangue al cuore.
- Le valvole mantengono il sangue in movimento nella direzione corretta.

5.4 Il battito cardiaco è un impulso elettrico ritmico

- La sistole è la contrazione; la diastole è il rilassamento delle camere cardiache.
- Durante un singolo battito cardiaco, prima si contraggono gli atri e poi i ventricoli.
- Impulso: espansione dell'aorta a seguito della contrazione ventricolare.
- Nel sistema di conduzione cardiaca, il nodo senoatriale inizia il battito cardiaco e il nodo atrioventricolare fa contrarre i ventricoli.

5.5 Ogni vaso sanguigno ha strutture adeguate alle proprie funzioni

- La pressione sanguigna nelle arterie e nelle arteriole trasporta il sangue lontano dal cuore.
- Le pareti sottili dei capillari consentono lo scambio di materiale con i tessuti.
- La contrazione dei muscoli scheletrici restituisce il sangue alle vene e alle venule verso il cuore.

5.6 I vasi sanguigni formano due circuiti, polmonare e sistemico

- Circuito polmonare: le arterie polmonari portano il sangue povero di O₂ ai polmoni; le vene polmonari restituiscono il sangue ricco di O₂ alla circolazione cardiaca.
- Circuito sistemico: il ventricolo sinistro invia sangue ricco di O₂ all'aorta; la vena cava porta il sangue povero di O₂ all'atrio destro.
- Il sistema portale epatico inizia dal tratto digestivo e finisce nel fegato.

5.7 Il sangue scorre nei circuiti grazie a un'adeguata pressione sanguigna

- La pressione sistolica è la pressione nelle arterie durante la sistole ventricolare.
- La pressione diastolica è la pressione nelle arterie durante la diastole ventricolare..

5.8 L'elettrocardiogramma fornisce molte informazioni sulla salute del cuore

- L'elettrocardiogramma (ECG) misura i cambiamenti elettrici che si verificano nel cuore durante un ciclo cardiaco, rilevando vari tipi di anomalie.

Le varie funzioni del sangue

5.9 Il sangue è costituito da una porzione liquida e da una corpuscolare

- Il sangue, che è composto da elementi plasmatici e corpuscolari, ha funzioni di trasporto, di difesa dagli agenti patogeni, di aiuto per la regolazione della temperatura corporea e la formazione di grumi.
- Plasma: principalmente acqua e proteine, insieme ad alcuni nutrienti, rifiuti e sali.
- Elementi formati: globuli rossi, globuli bianchi e piastrine.

5.10 Le piastrine sono parte attiva nella coagulazione del sangue

- Le piastrine si aggregano sul sito danneggiato dei vasi sanguigni, dove rilasciano il fattore di coagulazione; lunghi fili di fibrina forniscono una struttura per la coagulazione del sangue.

5.11 Lo scambio capillare garantisce la vita delle cellule

- Lo scambio capillare nei tessuti sistemici aiuta a mantenere costante l'ambiente interno.
- Quando il sangue raggiunge un capillare, l'acqua entra dall'estremità arteriosa a causa della pressione sanguigna.
- L'acqua si muove verso l'estremità venosa di un capillare a causa della pressione osmotica.
- Tra l'estremità arteriosa e quella venosa, i nutrienti si diffondono dal capillare e i rifiuti si diffondono nel capillare.
- I capillari linfatici raccolgono il fluido dei tessuti in eccesso (linfa) e lo restituiscono al sistema cardiovascolare.

5.12 Il tipo di sangue può essere classificato secondo vari sistemi

- La tipizzazione del sangue AB0 è determinata dalla presenza o l'assenza di antigeni A e B sulla superficie dei globuli rossi.
- L'agglutinazione del sangue avviene se l'antigene e l'anticorpo corrispondenti si incontrano.
- Il fattore Rh è un altro antigene importante nel confronto fra gruppi sanguigni.

C6 – Il sistema linfatico e l'immunità

Il sistema linfatico

6.1 I vasi linfatici trasportano la linfa

- Il sistema linfatico è composto da vasi e organi linfatici.
- I capillari linfatici assorbono i liquidi e i grassi in eccesso e li trasportano nel flusso sanguigno.
- Il sistema linfatico produce, mantiene e distribuisce i linfociti e aiuta a difendere il corpo dagli agenti patogeni.

6.2 Gli organi linfatici difendono l'organismo

- Il midollo osseo rosso è dove vengono prodotte tutte le cellule del sangue e dove maturano le cellule B.
- La ghiandola del timo è dove maturano le cellule T.
- I linfonodi ripuliscono la linfa dai agenti patogeni e da detriti.
- Nella milza, il sangue viene purificato da agenti patogeni e detriti.
- Le tonsille, le placche di Peyer e l'appendice sono parti di tessuto linfatico che incontrano agenti patogeni e antigeni.

La prima difesa contro la malattia: innata e aspecifica

6.3 Le difese aspecifiche comprendono varie azioni per contrastare i patogeni

- Le barriere all'ingresso sono la pelle, le mucose, la flora batterica cutanea e le molecole antimicrobiche.
- Le proteine protettive sono complemento (proteine del plasma sanguigno) e interferoni (citochine).
- I fagociti (neutrofili, eosinofili, macrofagi e cellule dendritiche) inghiottono agenti patogeni e le cellule killer naturali uccidono le cellule infettate da virus e cancerose.

6.4 La risposta infiammatoria è una risposta localizzata ai patogeni

- La risposta infiammatoria coinvolge i mastociti, che rilasciano istamina per aumentare la permeabilità capillare, provocando rossore, calore, gonfiore e dolore.
- I neutrofili e i macrofagi entrano nel tessuto fluido e fagocitano gli agenti patogeni.

La seconda difesa: specifica e acquisita

6.5 La seconda linea di difesa ha come bersaglio degli antigeni specifici

- L'immunità specifica riconosce, risponde a e ricorda un antigene.

6.6 L'immunità specifica può essere attiva o passiva

- L'immunità attiva dura a lungo: si sviluppa naturalmente dopo l'infezione o è indotta dalla vaccinazione.

- L'immunità passiva è di breve durata: si verifica quando una persona riceve gli anticorpi o quando gli anticorpi passano dalla madre al figlio attraverso l'allattamento al seno.

6.7 I linfociti sono i responsabili delle difese specifiche

- Ogni cellula B e T presenta un recettore per uno specifico antigene.
- Considerate complessivamente, i linfociti B e i linfociti T presentano recettori per tutti i possibili antigeni.
- I linfociti B sono responsabili dell'immunità mediata da anticorpi.
- I linfociti T sono responsabili dell'immunità cellulo-mediata.

6.8 L'immunità mediata da anticorpi dipende dai linfociti B

- Dopo che un recettore delle cellule B (BCR) si combina con un antigene specifico, i linfociti B attivati subiscono la selezione clonale, con produzione di plasmacellule e cellule B della memoria
- Un anticorpo (immunoglobulina) solitamente ha forma di Y, con due siti di legame per l'antigene specifico.

6.9 L'immunità mediata da cellule dipende da diversi tipi di linfociti T

- Affinché un recettore delle cellule T (TCR) riconosca un antigene, esso deve esservi esposto da una cellula che presenta l'antigene, assieme a una proteina MHC. Successivamente, la cellula T attivata si divide e, a seconda dell'MHC, produce cellule T citotossiche o cellule T *helper*.

6.10 I linfociti T si dividono in citotossici ed *helper*

- Le cellule T citotossiche conferiscono l'immunità cellulo-mediata.
- Le cellule T *helper* coordinano l'immunità cellulo-mediata e l'immunità mediata dagli anticorpi rilasciando citochine.
- I linfociti T memoria provocano una reazione immunitaria contro un antigene che riconoscono.

6.11 Gli anticorpi monoclonali hanno numerosi impieghi terapeutici

- Oltre a essere un prezioso strumento di ricerca in laboratorio, gli anticorpi monoclonali sono utilizzati per la diagnosi e il trattamento medico, i test di gravidanza e la cura del cancro.

I disturbi del sistema immunitario

6.12 Il rigetto rende difficoltoso il trapianto di organi

- Il rigetto degli organi trapiantati si verifica perché il sistema immunitario sta correttamente distinguendo tra sé e non sé.
- Il rigetto di un organo può essere controllato dai farmaci immunosoppressori. Lo xenotrapianto e l'ingegneria tissutale sono delle alternative.

6.13 Le malattie autoimmuni sono disturbi a lungo termine

- Nelle malattie autoimmuni, come l'artrite reumatoide, la miastenia grave e il lupus, il sistema immunitario attacca erroneamente i tessuti del corpo.

6.14 Le reazioni allergiche possono essere debilitanti e talvolta pericolose

- Le allergie sono ipersensibilità a determinati allergeni.
- Una risposta allergica immediata si manifesta in pochi secondi ed è causata da anticorpi IgE.
- Lo shock anafilattico è una pericolosa risposta allergica immediata caratterizzata da un improvviso calo della pressione sanguigna.
- Una risposta allergica ritardata si verifica dopo 1-3 giorni dal contatto con l'allergene.

C7 – Il sistema respiratorio

Lo scambio dei gas respiratori

7.1 La respirazione è un processo suddivisibile in più tappe

- La ventilazione è la respirazione polmonare.
- La respirazione esterna è lo scambio di gas tra l'aria e il sangue nei polmoni.
- La respirazione interna è uno scambio gassoso tra il sangue e il fluido tissutale.
- Lo scopo della respirazione è fornire ossigeno per la respirazione cellulare.

7.2 La superficie respiratoria esterna deve essere umidificata

- Piccoli animali acquatici possono scambiare gas direttamente con l'esterno.
- Gli animali acquatici complessi presentano branchie.
- I lombrichi usano una superficie del corpo umida per lo scambio di gas e, quindi, possono rimanere sottoterra.
- Gli insetti usano la trachea per fornire ossigeno direttamente ai muscoli.
- I vertebrati terrestri solitamente presentano polmoni e l'aria viene inumidita prima che vi entri.

I polmoni

7.3 Il sistema respiratorio comprende strutture che portano aria ai polmoni

- L'aria è riscaldata e umidificata nel naso.
- I passaggi per l'aria e il cibo si incontrano nella faringe, permettendoci di respirare attraverso la bocca.
- La glottide si apre nella laringe e la trachea collega la laringe ai bronchi.
- Due bronchi conducono ai polmoni e ai rami destro e sinistro nei bronchioli.
- I bronchioli finiscono negli alveoli, che formano i polmoni.

Le fasi respiratorie: la ventilazione e il trasporto dei gas

7.4 La respirazione comporta l'inspirazione e l'espirazione

- L'inspirazione consiste in contrazioni muscolari che abbassano il diaframma e sollevano le costole e che provocano la pressione negativa che fa fluire l'aria.
- Durante l'espirazione, i muscoli delle costole e del diaframma si rilassano e l'aria esce a causa dell'aumento di pressione.

7.5 Il ritmo respiratorio è controllato da un centro respiratorio

- La respirazione è automatica, ma una diminuzione del pH può indurre il centro respiratorio nel midollo allungato ad accelerare la velocità.

7.6 La respirazione esterna e interna non richiedono energia, ma emoglobina

- Nei polmoni, la P_{CO_2} è più alta nel sangue mentre la P_{O_2} è più alta nei polmoni; la CO_2 diffonde dal sangue verso i polmoni e l' O_2 diffonde dai polmoni al sangue.

- Nei tessuti, la P_{O_2} è più alta nel sangue e la P_{CO_2} è più alta nei tessuti; pertanto, l' O_2 si diffonde dal sangue e la CO_2 si diffonde nel sangue.

C8 – La digestione e la nutrizione

Sistemi digerenti adatti a vari tipi di nutrizione

8.1 Il sistema digerente ingerisce, digerisce, assorbe ed elimina

- L'ingestione è l'assunzione di cibo.
- La digestione fornisce alle cellule i nutrienti.
- L'assorbimento si verifica quando le molecole nutritive vengono introdotte nel corpo, di solito attraverso il flusso sanguigno.
- L'eliminazione è la rimozione delle molecole non assorbite dal corpo.

8.2 Gli animali presentano strategie alimentari diversificate

- Possono ingerire il cibo in pezzi o intero.
- Possono raccogliere e mangiare piccole particelle filtrando l'acqua.
- Possono consumare fluidi.
- Possono vivere sul o nel cibo di cui si nutrono.

8.3 Un sistema digerente completo presenta compartimenti specializzati

- Un sistema digerente incompleto ha una singola apertura attraverso la quale i nutrienti entrano ed escono.
- Un sistema digerente completo presenta una bocca e un ano.
- Le parti specializzate comprendono il gozzo, il ventriglio, la ceca e la cloaca negli uccelli; un rumine nelle vacche; e un cieco nei conigli.

Un sistema digerente adatto a una dieta onnivora

8.4 Nella bocca avvengono le prime fasi della digestione

- I denti masticano il cibo; la saliva contiene amilasi salivare che serve a digerire l'amido; la lingua forma un bolo alimentare per la deglutizione.

8.5 Nella faringe avviene l'ingestione del cibo

- L'esofago è un tubo muscolare che passa dalla faringe allo stomaco.
- Durante la deglutizione, il passaggio dell'aria viene bloccato dal palato molle e dall'epiglottide in modo che il bolo alimentare entri nell'esofago.
- Dopo la deglutizione, nell'esofago comincia la peristalsi.

8.6 L'esofago conduce il cibo allo stomaco dove ha luogo la digestione chimica

- Lo stomaco si espande e immagazzina il cibo, che viene agitato e mescolato assieme ai succhi gastrici acidi.
- I succhi gastrici contengono pepsina, un enzima che serve per la digestione delle proteine.

8.7 Nell'intestino tenue termina la digestione e sono assorbiti i nutrienti

- Il duodeno accoglie il succo pancreatico e la bile proveniente dalla cistifellea.
- La bile emulsiona il grasso e lo prepara per la digestione grazie alla lipasi.

- Il pancreas produce amilasi pancreatiche (per la digestione dei carboidrati), tripsina (per le proteine) e lipasi (per i grassi).
- Gli enzimi intestinali completano la digestione fino a che rimangono piccole molecole nutritive, che vengono assorbite dai villi.

8.8 I prodotti del pancreas e del fegato contribuiscono alla digestione chimica

- Il fegato produce la bile, distrugge i vecchi globuli, disintossica il sangue, produce proteine plasmatiche, immagazzina il glucosio e produce l'urea.

8.9 Stomaco e duodeno sono anche organi endocrini

- Lo stomaco produce gastrina che aiuta a regolare la digestione degli alimenti.
- Il duodeno produce secretina e colecistochinina.

8.10 L'intestino crasso assorbe l'acqua e prepara gli scarti

- Oltre all'acqua, l'intestino crasso assorbe anche i sali e alcune vitamine, e forma le feci.

I nutrienti e la dieta bilanciata

8.11 I carboidrati forniscono energia di pronto uso e fibre

- Zuccheri e amidi forniscono energia alle cellule.
- I carboidrati integrali sono più nutrienti; la fibra è cellulosa che può essere ingerita.

8.12 I lipidi forniscono energia per l'utilizzo a lungo termine

- I trigliceridi forniscono energia; i grassi vengono immagazzinati.
- Gli alimenti di origine animale contengono grassi saturi e colesterolo.
- Gli acidi alfa-linoleico e linoleico sono acidi grassi essenziali.
- L'alta assunzione di grassi saturi, grassi trans e colesterolo è dannosa per la salute.

8.13 Le proteine mettono a disposizione «materiale da costruzione» per le cellule

- Le proteine, che forniscono tutti gli aminoacidi essenziali, comprendono carne, pesce, pollame, uova, noci, soia e formaggio.

8.14 I minerali hanno diversi ruoli metabolici e strutturali

- I sali minerali regolano le reazioni biochimiche, mantengono l'equilibrio dei fluidi e sono incorporati in strutture e composti.

8.15 Le vitamine hanno un importante ruolo regolatore del metabolismo

- Le vitamine, ottenute dalla maggior parte dei cibi, regolano il metabolismo e lo sviluppo fisiologico; le vitamine C, E e A sono antiossidanti.

C9 – L'escrezione e l'osmoregolazione

Gli scarti metabolici degli animali

9.1 Gli scarti azotati sono eliminati sotto forma di ammoniaca, urea o acido urico

- I gruppi amminici (-NH₂) rimossi dagli amminoacidi e gli acidi nucleici vengono convertiti in ammoniaca, urea o acido urico per l'escrezione.
- Gli animali acquatici eliminano l'ammoniaca, che richiede acqua ma non energia da per essere prodotta.
- Squali, anfibi adulti e mammiferi espellono l'urea, che richiede energia per essere prodotta ma meno acqua nell'espulsione.
proteine → amminoacidi → -NH₂ → ammoniaca / urea / acido urico
- I rettili e gli uccelli espellono l'acido urico, la cui produzione è la più esigente in termini di energia.

L'osmoregolazione

9.2 I vertebrati acquatici mostrano diversi adattamenti per il bilancio idro-salino

- I pesci cartilaginei presentano sangue isotonic per l'acqua di mare perché contiene abbondante urea.
- I pesci ossei marini devono compensare la perdita osmotica dell'acqua bevendo costantemente acqua e pompando il sale verso le branchie.
- I pesci ossei d'acqua dolce devono adattarsi al guadagno osmotico dell'acqua, quindi non bevono acqua ma pompano il sale alle branchie.

La struttura e la funzione del rene umano

9.3 I reni presentano tre settori anatomici e funzionali

- Le parti del rene sono la corteccia renale, il midollo renale e la pelvi renale.

9.4 Le unità funzionali renali sono i tubuli renali, chiamati nefroni

- Un nefrone (tubulo renale) ha una capsula glomerulare, un tubulo contorto prossimale, un'ansa, un tubulo contorto distale e un dotto collettore.
- L'afflusso di sangue verso un nefrone passa attraverso l'arteriola afferente, il glomerulo, l'arteriola efferente, una rete capillare peritubulare e una venula.

9.5 La formazione di urina avviene in tre fasi

- Durante la filtrazione glomerulare, piccole molecole si spostano nella capsula glomerulare.
- Il riassorbimento tubulare avviene nel tubulo contorto prossimale e comporta il riassorbimento della maggior parte dell'acqua, di tutti i nutrienti e di altre piccole molecole, a eccezione dell'urea.
- Durante la secrezione tubulare, al filtrato vengono aggiunte sostanze come gli ioni di idrogeno, l'ammoniaca, la creatinina, l'istamina e la penicillina.

9.6 I reni concentrano l'urina per mantenere il bilancio idro-salino dell'organismo

- Gran parte dell'acqua e dei sali è riassorbita nel tubulo contorto prossimale.

- Nei mammiferi, il ciclo del nefrone concentra l'urina.
- Nei tratti ascendenti, la concentrazione di sale nel midollo aumenta e l'urea viene passivamente rilasciata dal dotto collettore.
- L'acqua lascia il tratto discendente e il dotto collettore man mano che scorre.
- La secrezione di ADH regola il riassorbimento d'acqua nel tubulo contorto distale e nel dotto collettore.

9.7 Il bilancio acido-base è mantenuto dal lavoro dei polmoni e dei reni

- I polmoni espellono CO_2 , una sostanza che tende a rendere il sangue acido.
- I reni espellono H^+ attraverso la formazione di ioni ammonio (NH_4^+) e il riassorbimento degli ioni bicarbonato, alla bisogna.
- L'acidosi è un pH del sangue inferiore a 7,34.
- L'alcalosi è un pH del sangue superiore 7,45.

9.8 Il nostro organismo può andare incontro a disidratazione o iperidratazione

- La disidratazione è dovuta alla perdita di acqua dalle cellule e viene trattata con l'assunzione di una soluzione a basso contenuto di sodio.
- L'intossicazione da acqua è dovuta all'aumento dell'acqua nelle cellule e viene trattata con l'assunzione endovenosa di una soluzione ad alto contenuto di sodio.

C10 – Il controllo ormonale

I segnali chimici del sistema endocrino

10.1 Il sistema endocrino e il sistema nervoso lavorano in modo coordinato

- Il sistema nervoso agisce rapidamente perché sfrutta gli assoni che rilasciano neurotrasmettitori per la stimolazione dell'organo bersaglio (per esempio, un muscolo).
- Il sistema endocrino agisce più lentamente ma ha effetti più duraturi; le sue ghiandole rilasciano ormoni che viaggiano nel sangue per arrivare gli organi.
- Entrambi i sistemi utilizzano meccanismi di feedback negativo.

10.2 Gli ormoni influenzano il metabolismo cellulare

- Gli ormoni peptidici sono i primi messaggeri ricevuti dai recettori della membrana plasmatica. Il secondo messaggero modifica il metabolismo della cellula.
- Gli steroidi entrano nella cellula o nel nucleo, dove si legano a un recettore. Il complesso stimola un gene, che dà origine a una proteina come risposta al segnale ormonale.

10.3 Il sistema endocrino produce una gamma di ormoni

- Gli ormoni influenzano l'osmolarità del sangue, i livelli di glucosio e calcio nel sangue, il metabolismo e la maturazione e la funzione degli organi riproduttivi.

L'ipotalamo e l'ipofisi

10.4 L'ipotalamo è un organo condiviso dai sistemi nervoso ed endocrino

- L'ipotalamo produce gli ormoni rilasciati dall'ipofisi posteriore.
- L'ormone antidiuretico (ADH) provoca il riassorbimento di acqua da parte dei reni.
- L'ossitocina stimola l'utero a contrarsi durante il parto e promuove il rilascio del latte durante l'allattamento.
- L'ipotalamo produce ormoni che stimolano o inibiscono l'ipotalamo e che controllano le ghiandole pituitarie anteriori.

10.5 Il lobo anteriore dell'ipofisi produce gli ormoni atropici e tropici

- Gli ormoni non-tropici comprendono la prolattina (PRL), l'ormone della crescita (GH) e l'ormone stimolante dei melanociti (MSH).
- Gli ormoni tropici sono l'ormone stimolante della tiroide (TSH), l'ormone adrenocorticotropo (ACTH) e gli ormoni gonadotropici (FSH e LH).
- L'ipotalamo stimola la ghiandola pituitaria anteriore a rilasciare ormoni, che stimolano la tiroide, la corteccia surrenale o le gonadi a rilasciare ormoni. Il feedback di questi ormoni controlla l'ipotalamo e la ghiandola pituitaria anteriore.

Il controllo ormonale

10.6 Le ghiandole surrenali reagiscono alle situazioni di stress

- Il midollo del surrene rilascia adrenalina e norepinefrina, che hanno effetti a breve termine.
- La corteccia surrenale secreta ormoni che forniscono una risposta a lungo termine allo stress.
- I glucocorticoidi regolano il metabolismo dei carboidrati, delle proteine e dei grassi, portando a un aumento dei livelli di glucosio nel sangue.
- I mineralcorticoidi aiutano a regolare l'escrezione di sodio e potassio.
- In entrambi i sessi, la corteccia surrenale rilascia anche una piccola quantità di ormoni sessuali sia maschili che femminili.

10.7 Il pancreas regola la concentrazione del glucosio nel sangue

- Nel pancreas, le cellule delle isole di Langerhans rilasciano l'insulina dopo aver mangiato, provocando un normale assorbimento e conservazione del glucosio, riducendo in tal modo la glicemia.
- Le cellule delle isole di Langerhans rilasciano glucagone tra i pasti, causando la scomposizione del glicogeno in glucosio e aumentando così la glicemia.

10.8 Le azioni dirette dalla tiroide e dalle paratiroidi

- La tiroide secreta la triiodotironina (T3) e la tiroxina (T4), che aumentano il metabolismo di tutte le cellule.
- L'ipotiroidismo è la causa del cretinismo e del gozzo semplice.
- L'ipertiroidismo può portare a gozzo esoftalmico, caratterizzato da una tiroide ingrossata e occhi sporgenti.
- La tiroide e le paratiroidi regolano il livello di calcio nel sangue

C11 – La riproduzione e lo sviluppo

Le modalità di riproduzione negli animali

11.1 Le modalità di riproduzione negli animali

- Nella riproduzione asessuata, un singolo genitore produce una prole che è geneticamente identica al genitore.
- Nella riproduzione sessuata, l'uovo di un genitore è fecondato dallo sperma di un altro, producendo prole geneticamente differente dai genitori.

Il sistema riproduttivo umano

11.2 Le gonadi maschili sono i testicoli

- Il sistema riproduttivo maschile umano comprende testicoli, epididimi, dotti deferenti e uretra.
- Il pene è l'organo per il rapporto sessuale.
- Lo sperma è composto da spermatozoi e secrezioni prodotte dalle vescicole seminali, dalla ghiandola prostatica e dalle ghiandole bulbouretrali.
- Con l'orgasmo maschile si ha l'eiaculazione del seme attraverso il pene.

11.3 Nei testicoli si formano gli spermatozoi e si producono ormoni sessuali maschili

- I testicoli contengono i tubuli seminiferi, che producono spermatozoi, e le cellule interstiziali, che producono testosterone.
- Il testosterone è l'ormone che influenza il funzionamento degli organi sessuali, la maturazione degli spermatozoi e le caratteristiche sessuali secondarie maschili.

11.4 Le gonadi femminili sono le ovaie

- Il sistema riproduttivo femminile umano comprende le ovaie, gli ovidotti, l'utero e la vagina.
- L'area genitale esterna femminile comprende l'apertura vaginale, il clitoride, le piccole labbra e le grandi labbra.
- L'orgasmo femminile culmina nelle contrazioni dell'utero e dell'ovidotto.

11.5 Nelle ovaie si formano gli oociti e si producono ormoni sessuali femminili

- La produzione di un ovulo si verifica quando il follicolo passa da primario a secondario fino a diventare un follicolo vescicolare.
- Le ovaie producono estrogeni e progesterone, i quali sono responsabili della conservazione delle caratteristiche sessuali femminili.

11.6 Il ciclo ovarico controlla il ciclo uterino

- Nel ciclo ovarico:
 - durante la fase follicolare, l'FSH fa maturare un follicolo che secerne estrogeni e un po' di progesterone;

- durante la fase luteale, LH promuove lo sviluppo del corpo luteo, che secerne il progesterone.
- Nel ciclo uterino:
 - gli estrogeni inducono l'ispessimento del rivestimento uterino;
 - il progesterone causa la secrezione del rivestimento.

11.7 Diverse malattie si trasmettono tra le persone per via sessuale

- Le malattie sessualmente trasmissibili più comuni sono l'AIDS, il virus dell'herpes simplex (HSV), il papillomavirus umano (HPV), le infezioni da clamidia, la sifilide e la gonorrea.

Dallo zigote all'embrione e infine al feto

11.8 Lo sviluppo ha inizio con gli stadi cellulari e procede con gli stadi tissutali

- Dalla divisione risulta un embrione multicellulare (morula) e quindi una blastula.

11.9 Dalla gastrula si differenziano tre foglietti germinali embrionali

- Una gastrula matura ha tre foglietti germinali: ectoderma, endoderma e mesoderma.
- Ogni foglietto germinale si sviluppa in organi specifici.
- Il sistema nervoso si sviluppa dall'ectoderma appena sopra la notocorda; la piastra neurale appare, e quindi le pieghe neurali diventano il tubo neurale.

11.10 Le membrane extraembrionali giocano un ruolo primario nello sviluppo

- Le membrane extraembrionali (corion, amnio, allantoide e sacco vitellino) rendono possibile lo sviluppo interno.

11.11 Lo sviluppo embrionale si completa nei primi due mesi di gravidanza

- Lo sviluppo embrionale copre i primi due mesi di sviluppo, dalla fecondazione alla comparsa dei sistemi di organi.

11.14 Lo sviluppo del feto va dal terzo e al nono mese di gravidanza

- Nella placenta gli scambi forniscono ossigeno e sostanze nutritive al feto e rimuovono anidride carbonica e rifiuti.
- Durante il terzo e il quarto mese, lo scheletro si ossifica e il sesso del feto è distinguibile.
- Tra il quinto e il settimo mese inizia il movimento fetale e il feto continua a crescere e ad aumentare di peso.
- La gravidanza termina con la nascita del neonato:
 - stadio 1 (dilatazione): iniziano le contrazioni uterine; cervice dilata;
 - stadio 2 (espulsione): le contrazioni uterine si verificano ogni 1 o 2 minuti; il bambino nasce e il cordone ombelicale viene tagliato;
 - stadio 3 (secondamento): le contrazioni muscolari uterine riducono l'utero e rimuovono la placenta, che viene espulsa.

C12 - La medicina molecolare

La base molecolare delle malattie

12.1 La medicina molecolare indaga i meccanismi genetici delle malattie

- Grazie alla genetica e alla biologia molecolare si è andati oltre ai sintomi per individuare le malattie, andando alla ricerca delle loro cause a livello molecolare.
- L'origine delle alterazioni molecolari che portano alla malattia possono essere endogene (interne all'organismo) o esogene (esterne all'organismo).

12.2 Le mutazioni del DNA sono alla base di molte malattie

- Le mutazioni del DNA possono causare malattie per i loro effetti diretti (quando la mutazione è la causa diretta della patologia) o indiretti (quando la mutazione altera una proteina regolatrice, che a cascata produce effetti sulle funzioni di altre proteine).
- La fibrosi cistica è un caso di patologia in cui la mutazione, che causa la mancata produzione di una proteina, è causa diretta. La fibrosi cistica è una malattia autosomica recessiva.
- Le mutazioni possono causare non solo la delezione degli amminoacidi in una proteina, ma anche la loro ripetizione, cioè aggiunta, come nel caso della corea di Huntington, che è una malattia autosomica dominante.
- La malattia di Alzheimer è una patologia neurodegenerativa con basi genetiche molto complesse, in cui la mutazione di molti geni si sommano per dare origine a un unico evento molecolare in grado di scatenarla.

12.3 Alterazioni del DNA possono influenzare la risposta alle terapie

- L'interazione tra genotipo e ambiente è estremamente importante nello sviluppo di alcune malattie.
- Alimentazione, stile di vita e costituzione genetica sono fattori in grado di aumentare il rischio di comparsa di alcune malattie.
- La medicina personalizzata si basa sulla comprensione della relazione tra i geni, il rischio di sviluppare una patologia e per ottenere un percorso di prevenzione o terapia personalizzato in base al profilo genetico del paziente.

12.4 Quando i patogeni invadono l'organismo causano malattie

- La penetrazione di agenti microbici oltre le difese esterne di un organismo danno origine a un'infezione.
- Molti batteri che penetrano nell'organismo provocano malattie tramite le tossine che rilasciano, come nel caso del colera e del tetano.
- I virus possono essere a DNA o RNA e sono parassiti intracellulari obbligati: si possono replicare solamente all'interno di una cellula ospite.
- L'HIV fa parte di una particolare classe di virus, i retrovirus, e provoca una grave immunodeficienza, che può portare alla fase di AIDS conclamato.

Farmaci «su misura»

12.5 Le biotecnologie consentono nuove strategie terapeutiche

- La conoscenza dettagliata dei meccanismi molecolari alla base delle malattie permette di preparare strategie terapeutiche specifiche.
- Per esempio, il farmaco Imatinib per la leucemia mieloide cronica e la terapia antitumorale a bersaglio molecolare impiega contro l'epatite C.

12.6 I vaccini sono strumenti che attivano il nostro sistema immunitario

- I vaccini sono una miscela di antigeni che usa la memoria immunologica per rispondere immediatamente alle successive infezioni dello stesso patogeno.

12.7 I vaccini non hanno controindicazioni scientificamente giustificate

- Nonostante diverse campagne di disinformazione circolate negli anni, non si sono mai individuate controindicazioni basate su conoscenze scientifiche.
- Il grande vantaggio dei vaccini è che non causano la malattia, ma attivano le difese immunitarie dell'organismo.

12.8 Le vaccinazioni garantiscono il benessere dell'intera società

- L'immunità di gregge (o di gruppo) è quel fenomeno per cui, oltre un determinato livello di copertura vaccinale della popolazione (che però deve essere molto alto), anche gli individui non vaccinati godranno di una protezione dovuta alla minor circolazione dell'agente patogeno.

12.9 Sviluppare un farmaco è un processo lungo e costoso

- Il processo di ideazione e sviluppo di un nuovo farmaco richiede anni di lavoro e ingenti investimenti economici.
- Le fasi di realizzazione di un nuovo farmaco sono:
 - ricerca di base, in cui si lavora *in vitro* per individuare molecole efficaci;
 - test pre-clinici, in cui le nuove molecole sono sperimentate su sistemi più complessi, come le cellule in coltura e i modelli animali;
 - test clinici, nell'arco di circa 5 anni (e in tre diverse fasi) si sperimenta la molecola su pazienti umani;
 - solo se una molecola supera tutti questi passaggi può diventare un farmaco che entra in commercio.

12.10 La medicina molecolare si avvale di diverse competenze

- Oggi la medicina molecolare è considerata sempre più una disciplina traslazionale, che unisce, cioè, la scienza tradizionale con i contributi di molte altre discipline, come la genomica, la biochimica, la biologia molecolare, la biologia cellulare, la biofisica, la chimica, la bioinformatica.
- Il primo scienziato a descrivere le basi molecolari di una patologia, l'anemia falciforme, fu Linus Pauling nel 1949.