

COLORARE LA FISIOLOGIA

SECONDA EDIZIONE

COLORARE LA FISIOLOGIA

WYNN KAPIT

Designer e Illustratore

ROBERT I. MACEY

Professor Emeritus
of Physiology
University of California
at Berkeley

ESMAIL MEISAMI

Professor of Physiology
University of Illinois

Edizione italiana
a cura di:

ILARIA RIVOLTA

Professore Associato in Fisiologia
Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università di Milano-Bicocca

GIULIO SANCINI

Professore Associato in Fisiologia
Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università di Milano-Bicocca

PICCIN

Authorized translation from the English language edition entitled
THE PHYSIOLOGY COLORING BOOK, 2nd Edition
by WYNN KAPIT; ROBERT I. MACEY; ESMAIL MEISAMI,
published by Pearson Education, Inc., publishing as Pearson,
Copyright © 2000 by Addison Wesley Longman, Inc.
This title published under the Benjamin/Cummings Imprint.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Edizione ITALIANA pubblicata da PICCIN NUOVA LIBRARIA S.p.A.,
Copyright © 2022, by Piccin Nuova Libreria S.p.A.

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati
Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

AVVERTENZA

Poiché le scienze mediche sono in continua evoluzione, l'Editore non si assume alcuna responsabilità per qualsiasi lesione e/o danno dovesse venire arrecato a persone o beni per negligenza o altro, oppure uso od operazioni di qualsiasi metodo, prodotto, istruzione o idea contenuti in questo libro. L'Editore raccomanda soprattutto la verifica autonoma della diagnosi e del dosaggio dei medicinali, attenendosi alle istruzioni per l'uso e controindicazioni contenute nei foglietti illustrativi.

ISBN: 978-88-299-3336-5

Stampato in Italia

WYNN KAPIT

Wynn Kapit è il designer di *Colorare la FISIOLOGIA*. Ha anche illustrato altri due testi che hanno avuto un enorme successo: *Colorare l'ANATOMIA* e *Colorare la GEOGRAFIA*. Il testo *Colorare l'ANATOMIA* è stato il capostipite del genere "libri scientifici da colorare" ed è ormai diventato un classico, con più di 2,5 milioni di copie vendute. Wynn Kapit ha conseguito un B.B.A. e un L.L.B. all'Università di Miami e un M.A. all'Università di Berkeley, California.

ROBERT I. MACEY

Robert I. Macey è Professor Emeritus del Dipartimento di Biologia Cellulare e Molecolare dell'Università di Berkeley, California. È stato Professore di Fisiologia e Direttore del Dipartimento di Anatomia e Fisiologia della Berkeley. Il Prof. Macey ha scritto moltissimi articoli e recensioni sul trasporto cellulare e un testo di grande successo di fisiologia umana. Ha conseguito il suo Ph.D. all'Università di Chicago.

ESMAIL MEISAMI

Esmail (Essie) Meisami è Professore nel Dipartimento di Fisiologia Molecolare e Integrativa nell'Università dell'Illinois, Urbana-Champaign. È autore e curatore di libri di biologia, fisiologia, crescita e sviluppo umano e neurobiologia dello sviluppo e ha pubblicato molte ricerche sui sistemi sensoriali e gli ormoni nel cervello in via di sviluppo. Ha conseguito il suo Ph.D. in Fisiologia all'Università di Berkeley, California.

Altri libri della stessa serie:

COLORARE L'ANATOMIA di Wynn Kapit/Lawrence M. Elson
Edizione italiana a cura di: Raffaele De Caro e Sergio Galli

Prefazione
Introduzione
Sommaro

FISIOLOGIA CELLULARE

- 1 Struttura cellulare
- 2 Cellule epiteliali
- 3 Replicazione del DNA e divisione cellulare
- 4 Espressione del DNA e sintesi proteica
- 5 Metabolismo: ruolo e produzione di ATP
- 6 Metabolismo: respirazione e ciclo dell'acido citrico
- 7 La struttura della membrana cellulare
- 8 Movimenti di soluti e di acqua
- 9 Vie per il trasporto di membrana
- 10 La pompa sodio-potassio
- 11 Potenziale di membrana
- 12 Comunicazione cellulare I: proteina G/AMPC
- 13 Comunicazione cellulare II: proteina G/IP₃, Ca⁺⁺ e canali
- 14 Comunicazione cellulare III: i recettori catalitici

NERVI, MUSCOLI E SINAPSI

- 15 L'impulso nervoso
- 16 Il controllo dei canali ionici da parte del potenziale di membrana
- 17 Le basi ioniche della soglia, della risposta tutto-o-nulla e del periodo refrattario
- 18 La trasmissione dell'impulso nervoso
- 19 La trasmissione sinaptica
- 20 La sinapsi neuromuscolare
- 21 Il trasporto assonale, i microtubuli ed i motori molecolari
- 22 Contrazione muscolare e scorrimento dei filamenti
- 23 I motori di miosina e i filamenti di actina
- 24 Il calcio intracellulare innesca la contrazione
- 25 Relazione tra tensione e lunghezza del muscolo
- 26 La sommazione della contrazione e il reclutamento delle unità motorie
- 27 Fonti di energia per l'esercizio
- 28 Muscolo liscio
- 29 Il sistema nervoso autonomo
- 30 SNA: neurotrasmettitori e recettori

CIRCOLAZIONE

- 31 Introduzione all'apparato cardiocircolatorio
- 32 Potenziale d'azione nel cuore
- 33 L'ECG e la conduzione dell'impulso nel cuore
- 34 Accoppiamento eccitazione-contrazione nel muscolo cardiaco
- 35 Il controllo nervoso del cuore
- 36 Il ciclo cardiaco: il cuore come pompa
- 37 La fisica del flusso ematico
- 38 Pressione arteriosa e sua misura
- 39 Struttura dei capillari e diffusione dei soluti
- 40 Filtrazione e riassorbimento nei capillari
- 41 Il sistema linfatico
- 42 Raccolta del sangue nelle vene e ritorno del sangue al cuore
- 43 Controllo locale e sistemico dei piccoli vasi sanguigni
- 44 Controllo e misura della gittata cardiaca
- 45 Riflessi barocettivi e controllo della pressione sanguigna
- 46 Emorragia e postura
- 47 Regolazione della pressione arteriosa

RESPIRAZIONE

- 48 La struttura del tratto respiratorio
- 49 La meccanica respiratoria
- 50 Surfattante, tensione superficiale e compliance polmonare
- 51 I volumi polmonari e la ventilazione
- 52 Diffusione di O₂ e di CO₂ nel polmone
- 53 La funzione dell'emoglobina

*Il numero delle varie Tavole è riportato in alto a sinistra nelle pagine di testo preceduto dalla lettera T.

- 54 Trasporto di ossigeno nel sangue
- 55 Trasporto di CO₂, H⁺ e O₂
- 56 Il controllo della respirazione
- 57 L'ipossia

RENI

- 58 Introduzione alla struttura del rene
- 59 Filtrazione, riassorbimento e secrezione
- 60 Funzioni del tubulo prossimale
- 61 Misura della filtrazione; riassorbimento e secrezione
- 62 Regolazione della VFG
- 63 Introduzione all'equilibrio acido-base
- 64 Regolazione renale dell'equilibrio acido-base
- 65 Regolazione del potassio nel nefrone distale
- 66 Conservazione dell'acqua e ormone antidiuretico
- 67 Il moltiplicatore controcorrente nell'ansa di Henle
- 68 Lo scambiatore controcorrente nell'apporto ematico della midollare
- 69 Regolazione del volume extracellulare: ADH e aldosterone
- 70 Regolazione del volume extracellulare: sistema renina-angiotensina

DIGESTIONE

- 71 Organizzazione e funzione dell'apparato digerente
- 72 Digestione nella bocca: masticazione, saliva e deglutizione
- 73 Fisiologia dello stomaco
- 74 Regolazione ormonale della digestione
- 75 Controllo nervoso della digestione
- 76 Ruolo del pancreas nella digestione
- 77 Il fegato e la bile nella digestione
- 78 Struttura e motilità dell'intestino tenue
- 79 Meccanismi di assorbimento nell'intestino tenue
- 80 Funzioni dell'intestino crasso
- 81 Disturbi e malattie digestive

SISTEMA NERVOSO

- 82 Organizzazione funzionale del sistema nervoso
- 83 Le strutture cerebrali e le loro funzioni generali
- 84 Organizzazione del midollo spinale
- 85 Il sistema nervoso periferico
- 86 Struttura e funzione dei nervi periferici
- 87 Meccanismi di eccitazione e inibizione
- 88 Le sinapsi del sistema nervoso centrale
- 89 Tipologie di recettori sensoriali
- 90 Recettori e trasduzione sensoriale
- 91 Unità sensoriali, campi recettivi e discriminazione tattile
- 92 Le vie somatiche sensoriali
- 93 Organizzazione e funzioni della corteccia sensoriale
- 94 La fisiologia del dolore e la nocicezione
- 95 I riflessi
- 96 Controllo motorio volontario
- 97 I gangli della base e il cervelletto nel controllo motorio
- 98 Le funzioni ottiche dell'occhio
- 99 La retina nella fototrasduzione e nell'elaborazione visiva
- 100 Il cervello e la visione
- 101 I suoni e l'orecchio
- 102 Discriminazione uditiva; corteccia uditiva
- 103 Il senso dell'equilibrio
- 104 Il senso del gusto
- 105 Il senso dell'olfatto
- 106 Onde cerebrali, EEG, sonno/veglia e la formazione reticolare
- 107 Ipotalamo e regolazione interna
- 108 Emozioni, istinti e sistema limbico
- 109 Fisiologia dell'apprendimento e memoria
- 110 Ammine biogene, funzioni comportamentali e disturbi mentali
- 111 Lateralità, linguaggio e funzioni speciali corticali
- 112 Metabolismo cerebrale e flusso ematico nelle funzioni del cervello

REGOLAZIONE ENDOCRINA E ORMONALE

- 113 Il sistema endocrino e le forme di comunicazione ormonale
- 114 Meccanismi cellulari di azione ormonale
- 115 Meccanismi di regolazione ormonale
- 116 Ipofisi, ipotalamo e neurosecrezione: l'ipofisi posteriore
- 117 Ghiandola pituitaria anteriore e suo controllo ipotalamico
- 118 Ormone della crescita: effetti sulla crescita e sul metabolismo
- 119 Azioni degli ormoni tiroidei
- 120 Ghiandole paratiroidi e regolazione ormonale del calcio plasmatico
- 121 Struttura e crescita delle ossa
- 122 Pancreas endocrino: sintesi e rilascio di insulina
- 123 Azioni di insulina e glucagone
- 124 Effetti di un deficit di insulina: il diabete
- 125 Midollare del surrene: regolazione e funzioni delle catecolamine
- 126 Corticale del surrene: regolazione e funzioni dell'aldosterone
- 127 Corticale del surrene: azioni del cortisolo
- 128 Steroidi sessuali surrenalici; disordini della corticale del surrene
- 129 Ormoni locali: le prostaglandine

FISIOLOGIA METABOLICA

- 130 La fisiologia metabolica dei carboidrati
- 131 Regolazione centrale della glicemia
- 132 Regolazione ormonale della glicemia
- 133 Metabolismo dei grassi nei diversi tipi di tessuto adiposo
- 134 Regolazione del metabolismo dei grassi
- 135 Fisiologia del colesterolo e delle lipoproteine
- 136 Proteine: metabolismo e regolazione
- 137 Ossidazione dei nutrienti, calore metabolico e tasso metabolico
- 138 Regolazione dell'assunzione di cibo, i carburanti del corpo e l'equilibrio energetico
- 139 Obesità e controllo del peso
- 140 Temperatura del corpo, produzione e perdita di calore
- 141 Termoregolazione corporea

SANGUE

- 142 Origine, composizione e funzioni del sangue
- 143 I globuli rossi
- 144 Fisiologia dell'agglutinazione e gruppi sanguigni
- 145 Emostasi e fisiologia della coagulazione
- 146 Globuli bianchi e la difesa dell'organismo
- 147 Immunità acquisita: linfociti-B e le risposte mediate da anticorpi
- 148 Linfociti T e immunità acquisita cellulo-mediata

RIPRODUZIONE

- 149 Panoramica sul sistema riproduttivo umano
- 150 Funzioni dei testicoli: formazione dello sperma
- 151 Funzioni del seme e consegna dello sperma; risposte di erezione ed eiaculazione
- 152 Azioni del testosterone e regolazione ormonale dei testicoli
- 153 Funzioni dell'ovaio: formazione della cellula uovo e ovulazione
- 154 Funzioni dell'ovaio: secrezione e azioni degli ormoni sessuali femminili
- 155 Regolazione ormonale dell'attività ovarica
- 156 Fisiologia dello spermatozoo, dell'ovulo e della fecondazione
- 157 Sviluppo iniziale, impianto e interazioni embrione-madre
- 158 Regolazione della gravidanza e parto
- 159 Regolazione della crescita mammaria e dell'allattamento
- 160 Regolazione della determinazione del sesso e sviluppo sessuale
- 161 Fertilità e contraccezione

Indice analitico

In questa nuova edizione del libro "Fisiologia da colorare" le nostre aspirazioni e i nostri metodi rimangono sostanzialmente invariati. Forniamo una sinossi moderna e originale della fisiologia umana. Il percorso didattico parte da zero ed è adatto sia agli studenti universitari che ai professionisti sanitari, ed è oltremodo indicato per lo studio autonomo da parte di chi "non è del mestiere". Per raggiungere i nostri obiettivi all'interno delle 161 tavole illustrate, utilizziamo le proprietà pedagogiche uniche fornite dal processo attivo del colorare. Il risultato è un libro non convenzionale che fornisce un'alternativa o un valido supplemento ai testi di uso comune.

Quali sono queste proprietà pedagogiche uniche e come si applicano alla fisiologia? Nel caso dell'anatomia, i vantaggi del colorare sono inconfutabili. L'anatomia classica è una scienza ad elevato impatto visivo che studia strutture fisiche ben definite. Disegnare queste strutture è un processo antico che funziona molto bene perché il disegno anatomico per definizione non può essere fatto senza un'attenzione personale ai dettagli. Il colorare le strutture presenti nelle tavole è per molti aspetti simile al disegnare. Questo processo sviluppa l'analisi dettagliata delle forme e delle proporzioni relative e, forse ancora più importante, introduce un senso cinestetico nel processo dell'apprendimento poiché il movimento della mano è integrato con gli stimoli visivi. Inoltre, l'uso della codifica a colori aumenta la consapevolezza delle relazioni e semplifica i disegni complessi in un modo che è difficilmente raggiungibile con altri approcci didattici. Di più, l'uso dei colori per associare i nomi alle strutture dà nuova vita alla classificazione scientifica.

Nella misura in cui la fisiologia dipende dall'anatomia, l'analisi dettagliata delle strutture ne esalta la comprensione delle stesse funzioni fisiologiche. Tuttavia, le descrizioni delle strutture anatomiche statiche sono solo il punto di partenza. La caratteristica più distintiva della Fisiologia è che la Fisiologia si occupa di processi dinamici. Ciò si riflette nell'uso prevalente ed efficace dei diagrammi di flusso per descrivere forze, reazioni chimiche, flussi, stati stazionari, vie a feedback. Poiché questi concetti sono necessariamente astratti e non sono ancora stati standardizzati in alcuna rappresentazione simbolica universalmente accettata, introducono difficoltà significative per gli studenti ai primi passi. Questo libro affronta e supera queste difficoltà in diversi modi.

In primo luogo, il diffuso impiego di illustrazioni e persino dei fumetti aggiunge "sostanza e linfa viva" ai diagrammi di flusso, consentendo agli studenti di associare il processo evidenziato a nuove interpretazioni o ad altre più familiari. In aggiunta, l'uso dei colori per associare i nomi a strutture e processi fornisce un mezzo perfetto per acquisire il vocabolario scientifico. Inoltre, l'uso del "codice colore" rende facile seguire elementi che ricorrono spesso in diagrammi complessi (ad esempio, gli ioni H^+ nell'equilibrio acido-base). Ma soprattutto, il processo del colorare fornisce un'immediata ed ampia visione che è fondamentale per i primi approcci alla comprensione dei fenomeni complessi. Con l'approccio "classico" solitamente chi è ai primi passi abbandona per la disperazione, mentre i più esperti suddivideranno il problema complesso nelle sue componenti che diverranno così più "gestibili" e gradualmente, passo dopo passo, arriveranno a risolvere l'intero problema nel suo insieme. L'atto del colorare costringe lo studente a confrontarsi

con un diagramma complesso passo dopo passo. Questo approccio sequenziale fa sentire più sicuro il principiante, "diluendo" la consapevolezza del "non sapere" in tempi più lunghi così che l'apprendimento abbia maggiori possibilità di successo. Infine, la scelta individuale dei colori rende il percorso didattico sia personale che divertente - un gradito diversivo rispetto all'approccio classico in cui si passano molte lunghe ore prigionieri di un passivo processo di "assorbimento delle nozioni". Ci siamo divertiti a produrre questo volume; speriamo che anche tu possa altrettanto divertirti.

Sebbene i capitoli siano disposti lungo una sequenza lineare, non è sempre necessario seguirli nell'ordine di presentazione. Alcuni lettori potrebbero trovare le tavole iniziali troppo astratte ad una prima lettura, potrebbero quindi trarre vantaggio iniziando prima con uno dei sistemi descritti nelle ultime sezioni del libro, per poi ritornare alle tavole precedenti, se necessario. In ogni caso, è altamente consigliato leggere (e fare riferimento) all'introduzione nelle pagine seguenti, che spiegano una serie di codici e simboli utilizzati in modo coerente in tutto il libro.

Nella preparazione di questa nuova edizione abbiamo praticamente rielaborato il testo e/o le figure di ogni tavola, apportando correzioni, miglioramenti pedagogici e introducendo i recenti aggiornamenti. Abbiamo anche aggiunto ulteriori nove tavole con nuovo materiale. I nostri tentativi di rappresentare i fenomeni fisiologici in una sorta di fumetto implicano inevitabilmente un compromesso; alcuni argomenti vengono sviluppati più dettagliatamente a scapito di altri. Siamo interessati alle opinioni dei lettori su questi temi e apprezzeremo anche le risposte che segnaleranno eventuali inesattezze.

Siamo grati per il parere critico e i suggerimenti che ci sono stati forniti da nostri colleghi esperti che hanno esaminato le sezioni della prima edizione e consigliato le opportune modifiche.

Ringraziamo Thomas Adams, Michigan State University; Sonya Conway, Northern Illinois University; John Forte, University of California, Berkeley; Jim Herman, Texas A&M University; Matilde Holzwarth, University of Illinois, Urbana-Champaign; Stanley R. Irvine, College of Eastern Utah; John J. Lepri, University of North Carolina, Greensboro; John Lovell, Kent State University; Terry Machen, University of California, Berkeley; Ann Nardulli, University of Illinois, Urbana-Champaign; Mark E. Nelson, University of Illinois, Urbana-Champaign; Shelia L. Taylor, Ozarks Technical Community College e Steve Wickler, California Polytechnic State University. Abbiamo anche avuto la fortuna di essere stati aiutati dalle preziose indicazioni dei nostri studenti e dei revisori: Meredith Blodget, Suzanne Click, Dorislee Jackson, Peter Kaye, Tracy Mullauer, Tami Platisha, John Pozar e Jackie Tilley. Inoltre ringraziamo Jill Breedon, il nostro eccellente copy editor, e Gerry Ichikawa del TypeStudio di Santa Barbara per il suo eccellente contributo.

Un ringraziamento speciale a Lauren Kapit, Christa Zvegintzov e Nooshin Meisami per la loro pazienza e i loro preziosi consigli su questioni linguistiche e artistiche. Infine, ringraziamo Amy Folsom, la nostra redattrice sponsor di Benjamin Cummings, per il suo incoraggiamento entusiasta e per la sua mano gentile, ma ferma, nel guidare questa revisione fino al completamento.

Wynn Kapit

Robert I. Macey
Esmail Meisami

(Ecco alcuni semplici suggerimenti da seguire)

QUANTI COLORI USARE

Dovreste avere almeno 10 colori (penne o pastelli, non pennarelli). I pastelli colorati sono più flessibili, dato che potete modificare l'intensità del colore a seconda di quanto forte premete sul foglio. Le penne, d'altra parte, di solito hanno colori più brillanti e il lavoro finito assomiglierà di più a una pagina stampata.

Qualsiasi sia la vostra scelta, più colori avete a disposizione, più vi divertirete a colorare e migliori saranno i risultati che otterrete. Se comprate i colori separatamente (invece di prendere delle confezioni intere), prendete colori più chiari e state attenti a prendere anche il grigio ed il nero.

COME COLORARE

È molto semplice: ogni illustrazione ha certe parti disegnate con contorni scuri e contraddistinte da lettere scritte in piccolo (A, B, C, ecc.). Ognuna di queste parti da colorare è identificata anche dal nome scritto per esteso e seguito dalla stessa lettera. Colorate sia il nome che la parte della figura indicata con lo stesso colore. Se un nome è solo un'indicazione generica e non è riferito ad una struttura specifica, la lettera è seguita da un trattino (A-, B-) e solo il nome va colorato.

A ogni lettera deve corrispondere un solo colore sulla stessa pagina, a meno che la figura contenga più colori di quelli che avete a disposizione, nel qual caso sarete costretti ad usare due volte un colore.

Può capitare che delle parti diverse con nomi diversi siano abbastanza collegate tra loro da essere marcate con la stessa lettera. In tal caso la lettera sarà contraddistinta da un apice (A^1 , A^2 , ecc.) e i nomi e le strutture andranno colorati con lo stesso colore. Per vedere degli esempi di lettere con apici potete osservare la copertina.

Se i nomi o le strutture disegnate sono contraddistinti da un aste-

risko (*), colorateli in grigio. Se appare il simbolo "non colorare" (+) lasciateli in bianco.

STRUTTURA DEL LIBRO

Il libro è diviso in varie parti: RESPIRAZIONE, DIGESTIONE e così via. Ogni parte contiene un gruppo di tavole. Ogni tavola è composta da una pagina di testo sulla sinistra e da una pagina illustrata sulla destra. La pagina di testo introduce l'argomento della pagina illustrata e lo riassume in breve.

La pagina illustrata di solito tratta un solo argomento, quindi non è necessario fare riferimento alle pagine precedenti o seguenti se vi volete concentrare solo su quell'argomento.

COME USARE LE VARIE TAVOLE

Siete liberi di scegliere se leggere prima il testo e poi colorare le illustrazioni o viceversa. Probabilmente leggere, colorare e poi rileggere è l'approccio migliore. Ma se preferite prima colorare, sarete comunque aiutati dalla presenza di didascalie vicino ad ogni illustrazione.

Prima di iniziare a colorare, leggete le note sui colori (NC) che trovate in fondo alla pagina di testo. Servono a dirvi se c'è qualcosa di particolare da notare, o se dovete usare un colore speciale, o se dovete seguire una certa sequenza nel colorare.

DA DOVE COMINCIARE

Potete cominciare da qualsiasi tavola, ma vi raccomandiamo di partire dall'inizio di una parte.

Se non avete intenzione di colorare tutto il libro e volete colorare solo certe tavole, allora colorate quelle che volete. Ogni tavola è a sé stante e fornisce abbastanza informazioni da poter essere facilmente colorata e compresa nei suoi contenuti.

SIMBOLI USATI IN TUTTO IL LIBRO

I simboli servono a risparmiare spazio e evitare di ripetere le spiegazioni di certe azioni, processi, o agenti di vari eventi fisiologici.

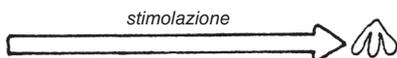
Non è necessario memorizzarli, dato che vi diventeranno velocemente familiari man mano che colorate il libro. Li raggruppiamo qui per una rapida consultazione nel caso dimentichiate cosa rappresentano. Può essere necessario colorarli, come anche no. Dipende da come sono usati all'interno dell'illustrazione.



Qualsiasi struttura, sostanza o azione collegata o uno di questi simboli subisce un aumento o crescita di dimensioni.



Questi simboli rappresentano il fenomeno opposto: una diminuzione, un declino, o una riduzione di dimensioni.



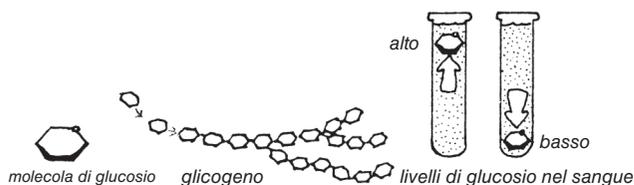
Una freccia lunga continua indica un'azione di stimolazione o attivazione.



Una freccia lunga tratteggiata indica un'azione di rallentamento o inibizione.



Una freccia a punti suggerisce che l'oggetto di questa azione è stato già inibito o fermato.



Una molecola di glucosio (zucchero); la combinazione delle molecole in glicogeno e i simboli delle provette per i test sui livelli alti o bassi di glucosio.



Una rappresentazione comune di una tipica cellula nervosa.



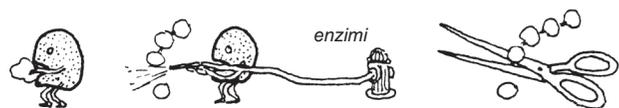
La molecola dei trigliceridi (grassi comuni) e le sue componenti di glicerolo e acidi grassi.



Molecole individuali di aminoacidi e il loro legame alle proteine.



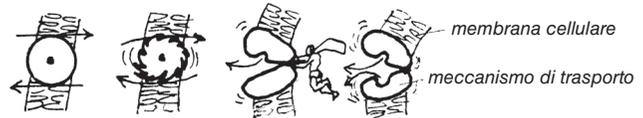
Un simbolo di gradiente che rappresenta il movimento di sostanze da concentrazioni alte a basse.



Simboli per vari enzimi e loro attività: divorare, scindere e tagliare le molecole.



La potente molecola dell'ATP e l'energia rilasciata mentre si trasforma nella molecola debole ADP.



Diversi meccanismi di trasporto per far passare le sostanze attraverso le membrane.



Un simbolo del metabolismo che si verifica all'interno di una cellula.

