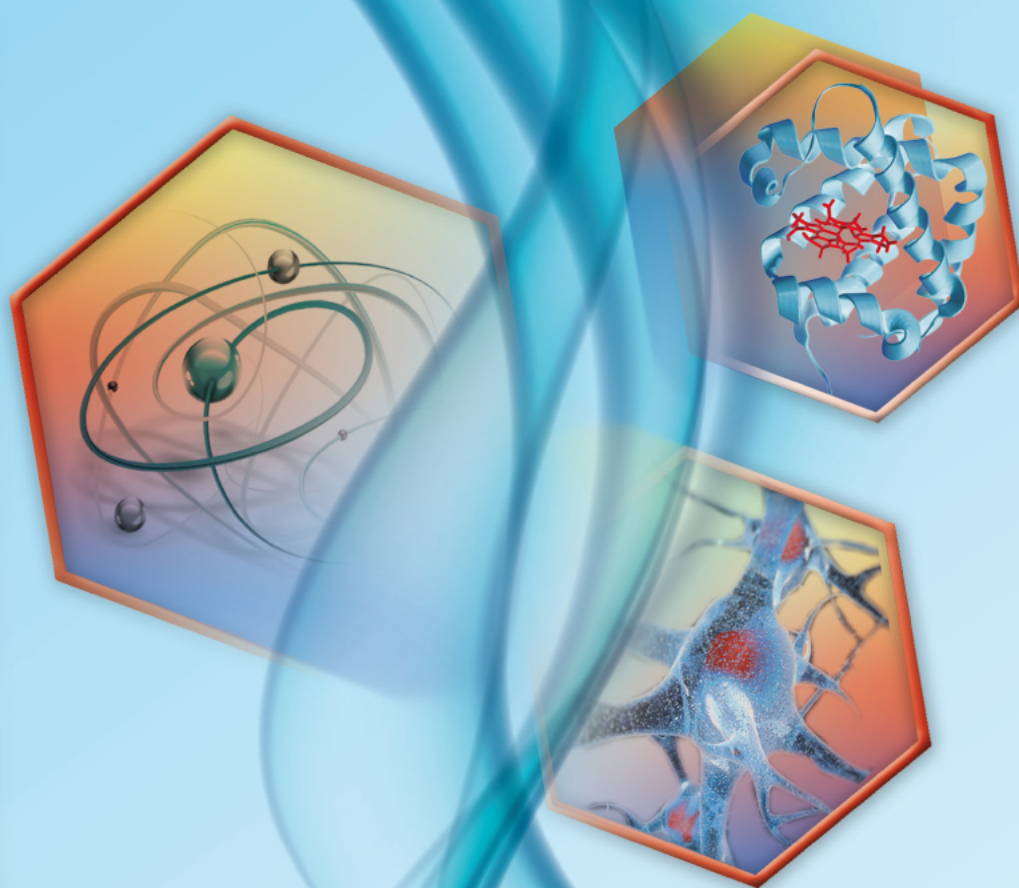


M. Bertoldi • D. Colombo • F. Magni • O. Marin • P. Palestini



Chimica e Biochimica



Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse

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



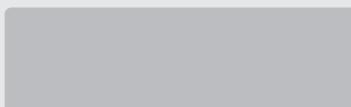
COLLEGATI AL SITO
EDISES.IT

ACCEDI AL
MATERIALE DIDATTICO

SEGUI LE
ISTRUZIONI

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it**
e accedere alla **versione digitale** del testo e al **materiale didattico**.

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



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

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

Se sei registrato al sito

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

Se non sei già registrato al sito

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

Chimica e Biochimica

MARIARITA BERTOLDI

DIEGO COLOMBO

FULVIO MAGNI

ORIANO MARIN

PAOLA PALESTINI



M. BERTOLDI – D. COLOMBO – F. MAGNI – O. MARIN – P. PALESTINI

Chimica e Biochimica

Copyright © 2015, EdiSES, s.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

2019 2018 2017 2016 2015

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

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

L'Editore

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

Fotocomposizione:

ProMediaStudio di A. Leano – Napoli

Fotoincisione e stampa:

Petruzzi S.r.l.

Via Venturelli, 7/B

06012 – Città di Castello (PG)

per conto della

EdiSES – Napoli

<http://www.edises.it> e-mail: info@edises.it

ISBN 978 88 7959 878 1

Autori

MARIARITA BERTOLDI
Università degli Studi di Verona

DIEGO COLOMBO
Università degli Studi di Milano

FULVIO MAGNI
Università degli Studi di Milano-Bicocca

ORIANO MARIN
Università degli Studi di Padova

PAOLA PALESTINI
Università degli Studi di Milano-Bicocca

Prefazione

La chimica, generale e organica, e la biochimica sono discipline fondamentali per tutti i percorsi formativi di ambito biologico e medico. I relativi corsi si rivolgono a studenti che, provenendo da diverse tipologie di scuole secondarie di secondo grado, presentano preparazioni molto eterogenee. Da qui la necessità di un testo esaustivo, che possa fornire le necessarie conoscenze di base – e colmare eventuali lacune – negli ambiti disciplinari di area chimica e biochimica.

Questo testo nasce dall'idea di rielaborare l'opera di Sackheim “Chimica per le Scienze Biomediche” revisionandola e aggiornandola nei contenuti, nel linguaggio e negli strumenti didattici. Ai capitoli globalmente riscritti, ne sono stati aggiunti altri redatti *ex novo* e arricchiti da riferimenti relativi ai progressi scientifici delle discipline negli ultimi anni.

Un obiettivo considerato imprescindibile è stato quello di rendere più coordinata la materia allo scopo di favorire l'apprendimento di tutti gli studenti universitari ai quali il testo si rivolge, siano essi di ambito biomedico, sanitario, della riabilitazione o delle scienze motorie e, più in generale, di coloro che necessitano di conoscere le nozioni fondamentali di chimica e biochimica previste nei loro percorsi formativi. Il libro può dunque costituire un utile supporto didattico anche per quei corsi di studio che prevedono un insegnamento di biochimica in assenza di uno propedeutico di chimica, come accade in molti corsi in ambito sanitario.

Il testo va incontro all'esigenza didattica sempre più richiesta di sviluppare un apprendimento per competenze, basato sull'integrazione dei saperi. Il percorso conoscitivo inizia dagli atomi e dalle molecole e si snoda lungo i livelli di complessità superiore di organizzazione della materia, quali la cellula, gli organi e i sistemi, mettendo in relazione i principi della chimica e della biochimica.

A tal proposito un esempio può essere la correlazione fra la respirazione cellulare, argomento biochimico, e le reazioni di ossido-riduzione, un argomento chimico, dato che la comprensione della base chimica di ciò che si osserva è essenziale per il raggiungimento della piena consapevolezza del fenomeno biologico. Per rendere evidente tale interdipendenza nella parte di chimica si ritrovano dei box “Collegamenti alla biochimica”.

Un'attenzione alla relazione tra contenuti è stata posta anche all'interno delle singole parti e fra la biochimica strutturale e quella metabolica. In particolare, alcuni aspetti delle molecole di interesse biologico sono anticipati durante la trattazione della chimica organica, come ad esempio la formazione delle forme cicliche degli zuccheri, che viene descritta nel capitolo dedicato ai carboidrati e viene messa in relazione alla più generale reazione di formazione degli emiacetali e degli acetali descritta durante la trattazione delle aldeidi e dei chetoni; oppure il concetto di isomeria che, brevemente anticipato nei capitoli di chimica organica, viene sviluppato come box Approfondimento sempre nel capitolo dedicato ai carboidrati.

Il manuale è organizzato in tre sezioni: chimica generale, chimica organica e biochimica, ciascuna articolata in capitoli e paragrafi ben evidenziati nella presente veste grafica in modo che già al semplice scorrere delle pagine sia possibile individuare la struttura dei capitoli e gli specifici argomenti. Tale struttura è arricchita dalla presenza dei box “Approfondimento” e “Collegamenti alla biochimica” che forniscono informazioni su metodi innovativi, curiosità o aspetti peculiari. Alla chiusura di ogni capitolo sono presenti degli organizzatori dell'apprendimento, i “Concetti chiave”, che evidenziano i passaggi fondamentali del capitolo.

Nel complesso si è cercato di offrire un volume completo ma allo stesso tempo maneggevole e scorrevole, dotato di strumenti didattici in grado di rendere più efficace lo studio e più autonomo lo studente nell'acquisizione delle proprie conoscenze.

SUPPORTI DIDATTICI

PER I DOCENTI

I docenti che utilizzano il testo a scopo didattico possono scaricare dal sito www.edises.it, previa registrazione all'area docenti, le immagini del libro in formato PowerPoint.

PER GLI STUDENTI

I capitoli “Unità di misura” e “Stato gassoso” sono disponibili sul sito www.edises.it nel formato Adobe Acrobat PDF e possono essere scaricati gratuitamente previa registrazione.

Indice generale



PARTE PRIMA CHIMICA GENERALE

Capitolo 1 Struttura della materia: dal livello macroscopico a quello atomico

1.1	Materia e chimica	4
1.2	Stati di aggregazione della materia	4
1.3	Cambiamenti di stato	5
1.4	Proprietà della materia	6
1.5	Energia	7
1.6	Conservazione dell'energia e della materia	7
1.7	Composizione della materia	9

Concetti chiave

Capitolo 2 Struttura della materia: l'atomo

2.1	Atomo	12
2.2	Massa atomica	12
2.3	Numero atomico e numero di massa	13
2.4	Numero di neutroni	13
2.5	Isotopi	14
2.6	Disposizione degli elettroni in un atomo	14
2.7	Sottolivelli di energia	15
2.8	Gas nobili	17
2.9	Tavola periodica degli elementi	18
2.10	Energia di ionizzazione e affinità elettronica	19
2.11	Elettronegatività	20

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

2A Elementi presenti nel corpo umano

Capitolo 3 Radioattività

3.1	Scoperta della radioattività	24
3.2	Vari tipi di radiazioni emesse dalle sostanze radioattive	24
3.3	Reazioni nucleari	26
3.4	Radioattività naturale e artificiale	27
3.5	Unità di misura delle radiazioni	27
3.6	Radioisotopi	28
3.7	Tempo di dimezzamento	29
3.8	Uso di radioisotopi in medicina	30

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

3A Datazione radioattiva

3B Radioisotopi e medicina nucleare

Capitolo 4 Legame chimico

4.1	Molecole	34
4.2	Stabilità degli atomi	34
4.3	Simboli e formule	34
4.4	Rappresentazione della struttura elettronica	35
4.5	Formazione degli ioni	35
4.6	Raggio ionico	36
4.7	Legame ionico	37
4.8	Ioni poliatomici	37
4.9	Nomenclatura	37
4.10	Legame covalente	38
4.10.1	Legami covalenti non polari e polari	40
4.11	Legame a ponte di idrogeno	40
4.12	Altri legami deboli	41
4.13	Forza del legame chimico	41
4.14	Risonanza	42
4.15	Peso molecolare	43
4.15.1	Calcolo del peso molecolare di un composto	43
4.16	Mole	44

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

4A Fratture ossee

Capitolo 5 Reazioni chimiche redox e non redox

5.1	Equazioni chimiche	48
5.2	Reazioni di equilibrio	48
5.3	Reazioni reversibili e irreversibili	49
5.4	Energia di attivazione e velocità di una reazione	50
5.5	Principali fattori che influenzano le reazioni chimiche all'equilibrio	51
5.5.1	Principio di Le Châtelier	51
5.5.2	Effetto della concentrazione	51
5.5.3	Effetto della temperatura	52
5.5.4	Effetto di un catalizzatore	52
5.6	Reazioni di ossido-riduzione	54
5.6.1	Ossidazione	54
5.6.2	Riduzione	55

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

5A Deterioramento dei denti

5B Antibatterici

Capitolo 6 Miscele liquide

6.1	Miscela	59
6.2	Proprietà generali delle soluzioni	60
6.3	Struttura dell'acqua	61
6.4	Tensione superficiale dell'acqua	62
6.5	Idrolisi	63
6.6	Solventi diversi dall'acqua	63
6.7	Fattori che influenzano la solubilità di un soluto	64
6.7.1	Temperatura	64
6.7.2	Pressione	64
6.7.3	Natura del solvente	65
6.8	Importanza delle soluzioni	65
6.9	Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni	65
6.9.1	Percentuale	65
6.9.2	Parti per milione	66
6.9.3	Molarità	66
6.9.4	Milliequivalenti per litro	66
6.10	Proprietà colligative delle soluzioni	66
6.10.1	Abbassamento della tensione di vapore del solvente	66
6.10.2	Effetto del soluto sui punti di ebollizione e di congelamento	67
6.10.3	Osmosi e pressione osmotica	67
6.11	Tonicità delle soluzioni	70
6.11.1	Soluzioni isotoniche	70
6.11.2	Soluzioni ipotoniche	70
6.11.3	Soluzioni ipertoniche	70
6.12	Tipi di soluzioni	71
6.12.1	Soluzioni diluite e concentrate	71
6.12.2	Soluzioni sature	71
6.12.3	Soluzioni non sature	72
6.13	Conducibilità delle soluzioni	72
6.14	Sospensioni	73
6.15	Colloidi	73
6.15.1	Gel e sol	74
6.15.2	Dialisi	74
6.15.3	Emodialisi	75
6.16	Emulsioni	75
Concetti chiave		77

■ Collegamenti alla Biochimica

6A Emodialisi**Capitolo 7** Acidi, basi e tamponi

7.1	Acidi	79
7.1.1	Proprietà degli acidi	80
7.1.2	Usi degli acidi	82
7.2	Basi	83
7.2.1	Proprietà delle basi	84
7.2.2	Usi delle basi	85
7.3	Acidi e basi forti e deboli	85
7.4	Ionizzazione dell'acqua	86

7.5	pH	88
7.6	Sali	89
7.6.1	pH delle soluzioni acquose dei sali	89
7.6.2	Usi dei sali	90
7.7	Soluzioni tampone	90
Concetti chiave		93

■ Collegamenti alla Biochimica

7A Antiacidi**7B** Acidosi e alcalosi**PARTE SECONDA
CHIMICA ORGANICA****Capitolo 8** Introduzione alla chimica organica

8.1	Importanza della chimica organica	97
8.1.1	Confronto tra i composti organici e inorganici	98
8.2	Legami	99
8.3	Formule di struttura	99
8.4	Isomeri	100
8.5	Orientazione tridimensionale dei legami intorno all'atomo di carbonio	100
8.6	Capacità di legame del carbonio	101
8.7	Composti del carbonio con altri elementi	102
Concetti chiave		104

■ Collegamenti alla Biochimica

8A Taxol: una storia di ricerca e scoperta**Capitolo 9** Idrocarburi

9.1	Alcani	105
9.1.1	Formula generale degli alcani	106
9.1.2	Formule di struttura razionali	108
9.1.3	Gruppi alchilici	109
9.2	Cicloalcani	110
9.3	Alogenuri alchilici	111
9.4	Alcheni	112
9.5	Alchini	115
9.6	Idrocarburi saturi e insaturi	115
9.6.1	Alcune reazioni degli idrocarburi	115
9.7	Presenza in natura degli idrocarburi, loro proprietà e utilizzi	116
9.8	Polimeri	117
Concetti chiave		119

■ Collegamenti alla Biochimica

9A Il velenoso pesce palla**9B** L'impatto ambientale dei cloro fluorocarburi**9C** Isomeria cis-trans nel processo della visione**9D** Il numero di ottani: cosa significa questo numero alle pompe di benzina**9E** Punti di sutura riassorbibili

Capitolo 10 Alcoli ed eteri

10.1	Alcoli	121
10.1.1	Usi degli alcoli	122
10.1.2	Classificazione degli alcoli	122
10.1.3	Reazioni degli alcoli	124
10.2	Tioli	126
10.3	Eteri	127
10.3.1	Etere come anestetico	128

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

10A	Nitroglicerina: un esplosivo e un farmaco	125
10B	Etilometro: controllo e misurazione dell'alcol nell'aria espirata	126
10C	Ossido di etilene: uno sterilizzante chimico	128
10D	Eteri e anestesia	129

Capitolo 11 Altri composti organici

11.1	Aldeidi	131
11.1.1	Preparazione per ossidazione degli alcoli primari	132
11.1.2	Nomenclatura delle aldeidi	132
11.1.3	Uso delle aldeidi	133
11.1.4	Reazioni delle aldeidi	133
11.2	Chetoni	134
11.2.1	Preparazione per ossidazione degli alcoli secondari	134
11.2.2	Nomenclatura dei chetoni	134
11.2.3	Uso dei chetoni	135
11.3	Emiacetali ed emichetali	136
11.4	Acidi carbossilici	136
11.4.1	Preparazione per ossidazione delle aldeidi	136
11.4.2	Nomenclatura degli acidi carbossilici	137
11.4.3	Proprietà e reazioni degli acidi carbossilici	138
11.4.4	Acidi carbossilici importanti dal punto di vista medico	138
11.5	Esteri	140
11.5.1	Tioesteri	140
11.5.2	Esteri fosforici	141
11.6	Ammine	142
11.6.1	Reazioni delle ammine	144
11.7	Amminoacidi	146
11.8	Ammidi	146
11.8.1	Formazione delle ammidi	146
11.8.2	Proprietà delle ammidi	147

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

11A	Alcune aldeidi e chetoni presenti in natura	135
11B	Corpi chetonici e diabete	135
11C	Gli esterici come agenti aromatizzanti	141
11D	Anfetamine	143
11E	Alcaloidi	144

11F	Solubilità dei farmaci nei liquidi corporei	145
11G	L'aspartame, il peptide dolce	147
11H	Le penicilline e le cefalosporine: antibiotici β -lattamici	148

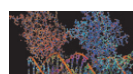
Capitolo 12 Composti aromatici

12.1	Benzene	151
12.1.1	Struttura del benzene	152
12.1.2	Proprietà del benzene	153
12.1.3	Derivati del benzene	153
12.2	Altri composti aromatici	155
12.2.1	Fenolo	155
12.2.2	Derivati del fenolo	156
12.2.3	Acidi	157
12.2.4	Ammine aromatiche	159
12.2.5	Ammidi aromatiche	159
12.3	Alcuni composti eterociclici comuni	159

Concetti chiave

■ Collegamenti alla Biochimica

12A	Idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni e fumo	155
12B	Filtri solari e creme solari a protezione totale contro le radiazioni ultraviolette	158
12C	Farmaci antitumorali	161



PARTE TERZA BIOCHIMICA

Capitolo 13 Carboidrati

13.1	Introduzione	165
13.2	Monosaccaridi o zuccheri semplici	166
13.2.1	Isomeria ottica dei monosaccaridi naturali	169
13.2.2	Ciclizzazione dei monosaccaridi	171
13.2.3	Glucosio	172
13.2.4	Galattosio	173
13.2.5	Fruttosio	174
13.2.6	Amminozuccheri	175
13.3	Reazioni dei monosaccaridi	176
13.3.1	Ossidazione	177
13.3.2	Riduzione	177
13.3.3	Formazione degli esterici fosforici	178
13.4	Disaccaridi	179
13.4.1	Maltosio	180
13.4.2	Cellobiosio	181
13.4.3	Saccarosio	182
13.4.4	Lattosio	182
13.5	Polisaccaridi	182
13.5.1	Amido	182
13.5.2	Cellulosa	183
13.5.3	Glicogeno	185
13.5.4	Chitina	186
13.5.5	Eparina	186

13.5.6	<i>Destrani e destrine</i>	187	16.3	Amminoacidi	232
Concetti chiave		188	16.3.1	<i>Classificazione degli amminoacidi</i>	234
■ Approfondimenti			16.3.2	<i>Comportamento acido-base degli amminoacidi</i>	236
13A	<i>L'isomeria delle molecole biologiche</i>	167	16.4	Legame peptidico	237
13B	<i>Le soluzioni glucosate</i>	174	16.5	Struttura delle proteine	239
13C	<i>L'emoglobina glicata</i>	174	16.5.1	<i>Ripiegamento o 'folding' delle proteine</i>	240
13D	<i>Dosaggio degli zuccheri nei campioni biologici</i>	178	16.5.2	<i>Livelli strutturali</i>	241
13E	<i>La cataratta nel paziente diabetico</i>	179		<i>Struttura primaria</i>	242
13F	<i>Potere edulcorante degli zuccheri e dei loro sostituti</i>	181		<i>Struttura secondaria</i>	243
				<i>Strutture terziaria e quaternaria</i>	245
Capitolo 14 Lipidi		189	16.6	Denaturazione delle proteine	249
14.1	Introduzione	190	16.7	Emoglobina e mioglobina	250
14.2	Acidi grassi	190	16.7.1	<i>Struttura della mioglobina e dell'emoglobina</i>	250
14.3	Trigliceridi: grassi e olii	193	16.7.2	<i>Legame e rilascio dell'ossigeno</i>	253
14.3.1	<i>Utilizzo dei grassi nel corpo umano</i>	194	16.7.3	<i>Regolazione dell'affinità dell'emoglobina</i>	254
14.3.2	<i>Proprietà chimico-fisiche dei trigliceridi</i>	194	16.7.4	<i>Emoglobine fetali</i>	256
14.4	Saponi	196	16.8	Glicoproteine	258
14.5	Cere	199	16.9	Lipoproteine plasmatiche	258
14.6	Fosfolipidi	200	16.10	Metodi di analisi delle proteine	261
14.6.1	<i>Fosfogliceridi</i>	201	16.10.1	<i>Composizione percentuale</i>	261
14.6.2	<i>Fosfosfingosidi</i>	203	16.10.2	<i>Precipitazione delle proteine</i>	261
14.7	Glicolipidi	203	16.10.3	<i>Cromatografia</i>	261
14.8	Derivati degli acidi grassi	205	16.10.4	<i>Elettroforesi</i>	263
14.9	Steroidi	207	16.10.5	<i>Spettrometria di massa</i>	265
Concetti chiave		211	Concetti chiave		267
■ Approfondimenti			■ Approfondimenti		
14A	<i>L'acroleina</i>	196	16A	<i>Alimentazione e amminoacidi</i>	236
14B	<i>I gruppi sanguigni A, B, 0 e AB</i>	204	16B	<i>Biochimica al computer</i>	240
14C	<i>Struttura delle membrane cellulari</i>	208	16C	<i>L'enigma di Levinthal</i>	242
			16D	<i>Le malattie prioniche</i>	248
Capitolo 15 Nucleotidi e acidi nucleici		213	16E	<i>L'emoglobina e il monossido di carbonio (CO)</i>	257
15.1	Introduzione	214	16F	<i>Patologie legate all'emoglobina</i>	257
15.2	Costituenti degli acidi nucleici	215			
15.2.1	<i>Basi azotate</i>	215	Capitolo 17 Enzimi		269
15.2.2	<i>Zuccheri</i>	216	17.1	Introduzione	270
15.2.3	<i>Fosfato</i>	217	17.2	Struttura degli enzimi	271
15.3	Polimerizzazione dei nucleotidi	219	17.3	Meccanismo di azione degli enzimi	274
15.4	Struttura degli acidi nucleici	220	17.3.1	<i>Energia di attivazione</i>	275
15.4.1	<i>Struttura primaria</i>	220	17.4	Cinetica enzimatica	276
15.4.2	<i>Struttura secondaria del DNA</i>	221	17.4.1	<i>Fattori che influenzano l'attività enzimatica</i>	277
15.4.3	<i>Strutture di ordine superiore del DNA</i>	222	17.5	Nomenclatura e classificazione	279
15.5	Metabolismo degli acidi nucleici	224	17.6	Impiego diagnostico degli enzimi	279
Concetti chiave		227	17.7	Inibizione enzimatica	280
■ Approfondimenti			17.7.1	<i>Inibizione reversibile</i>	281
15A	<i>La doppia elica del DNA</i>	223	17.7.2	<i>Inibizione irreversibile</i>	282
15B	<i>La gotta</i>	226	17.8	Regolazione degli enzimi	285
			17.8.1	<i>Regolazione allosterica</i>	286
Capitolo 16 Proteine		229			
16.1	Introduzione	230			
16.2	Dal genoma al proteoma	231			

Controllo a feedback negativo	287	Capitolo 20 Metabolismo dei lipidi	325
17.8.2 Regolazione covalente	288	20.1 Introduzione	326
Regolazione mediante proteolisi	288	20.2 Idrolisi dei trigliceridi e β -ossidazione degli acidi grassi	326
Concetti chiave	290	20.3 Chetogenesi	331
■ Approfondimenti		20.4 Immagazzinamento dei lipidi	332
17A L'enzima alcol deidrogenasi e l'intossicazione da metanolo	282	20.5 Lipogenesi	333
17B La terapia medica per il trattamento dell'infezione da HIV	283	20.6 Sintesi dei trigliceridi e dei fosfolipidi	335
17C Le penicilline e il loro meccanismo d'azione	284	Concetti chiave	337
		■ Approfondimento	
Capitolo 18 Strategie del metabolismo: digestione e bioenergetica	291	20A Disturbi metabolici causati da alterata ossidazione degli acidi grassi	332
18.1 Introduzione	292	Capitolo 21 Metabolismo delle proteine	339
18.2 Macromolecole: digestione e assorbimento dei nutrienti	292	21.1 Funzioni degli amminoacidi	340
18.2.1 La digestione nella bocca	292	21.2 Bilancio dell'azoto e amminoacidi	340
18.2.2 La digestione nello stomaco	293	21.3 Sintesi degli amminoacidi	341
18.2.3 La digestione nell'intestino e l'assorbimento	293	21.4 Eliminazione del gruppo amminico	342
18.3 Concetti generali del metabolismo	299	21.4.1 Transaminazione	342
18.4 Bioenergetica e ATP	300	21.4.2 Deaminazione ossidativa del glutammato	343
18.5 Bioenergetica e coenzimi	301	21.5 Destino dello scheletro carbonioso degli amminoacidi	344
Concetti chiave	302	21.6 Formazione dell'urea o ureogenesi	345
■ Approfondimenti		21.7 Altre reazioni degli amminoacidi	346
18A Difetti di digestione e assorbimento dei carboidrati	297	21.7.1 Decarbossilazione	346
18B Assorbimento di ferro e vitamine	298	21.7.2 Metabolismo dell'emoglobina	347
18C La formazione delle feci e le fibre alimentari	298	Concetti chiave	350
		■ Approfondimento	
Capitolo 19 Metabolismo dei carboidrati	303	21A Disordini metabolici associati al ciclo dell'urea	346
19.1 Introduzione	304	Capitolo 22 Biochimica del tessuto nervoso	351
19.2 Glicolisi	305	22.1 Concetti generali	352
19.3 Sintesi del glicogeno	307	22.2 Molecole fondamentali e metabolismo del sistema nervoso	355
19.4 Demolizione del glicogeno	308	22.3 Substrati energetici	356
19.5 Via dei pentosi fosfato	311	22.4 Interazioni neurone-neurone: neurotrasmissione	357
19.6 Destino del piruvato in aerobiosi: trasformazione in acetil-CoA e ciclo di Krebs	312	22.4.1 Sintesi dei neurotrasmettitori	358
19.7 Catena respiratoria e fosforilazione ossidativa	314	22.4.2 Immagazzinamento del neurotrasmettitore	362
19.8 Gluconeogenesi	318	22.4.3 Rilascio del neurotrasmettitore	363
19.9 Destino degli esosi	318	22.4.4 Legame del neurotrasmettitore al recettore	365
19.10 Regolazione ormonale del metabolismo glucidico	320	Legame del neurotrasmettitore di tipo eccitatorio al neurorecettore	365
19.10.1 Insulina	320	Legame del neurotrasmettitore di tipo inibitorio al neurorecettore	367
19.10.2 Epinefrina	321	22.4.5 Terminazione del segnale	368
19.10.3 Glucagone	321	22.5 Encefalopatie metaboliche	369
Concetti chiave	323	22.5.1 Encefalopatie ipoglicemiche	369
■ Approfondimenti		22.5.2 Encefalopatie ipossiche	370
19A Malattie da accumulo di glicogeno	312	Concetti chiave	371
19B Metodi di laboratorio relativi al dosaggio di carboidrati	322	■ Approfondimento	
		22A Misfolding proteico e neurodegenerazione	370

Capitolo 23 Biochimica dei sistemi contrattili 373

23.1	Concetti generali	374
23.2	Muscolo scheletrico	375
23.2.1	Organizzazione del sistema contrattile	376
	Proteine del sarcomero e loro organizzazione in miofibrille	378
23.2.2	Meccanismo della contrazione	380
	Potenziale d'azione e sua propagazione	380
	Ioni calcio e contrazione muscolare	382
	Ciclo dei ponti trasversi	382
	Termine della contrazione: rilasciamento del muscolo	386
23.2.3	Tipi di fibre muscolari scheletriche	386
	Fibre di tipo I e II	386
23.2.4	Substrati utilizzati dal muscolo scheletrico	389
	Utilizzo dei substrati in condizioni di riposo	389
	Utilizzo dei substrati durante l'esercizio fisico	389
23.2.5	Modifiche biochimiche nell'allenamento aerobico	396
23.3	Muscolo cardiaco (miocardio)	398
23.3.1	Organizzazione del sistema contrattile e del sarcomero	401
23.3.2	Meccanismo della contrazione	402
23.3.3	Substrati utilizzati dal miocardio	402
	Composti fosforilati ad alta energia	402
	Substrati ossidabili	403
23.3.4	Modificazioni metaboliche nell'anossia e nell'ischemia	404
	Diagnostica enzimatica dell'ischemia cardiaca	405
23.4	Muscolo liscio	406
23.4.1	Cellula muscolare liscia	406
23.4.2	Meccanismo di contrazione	408
	Concetti chiave	411


■ Approfondimento

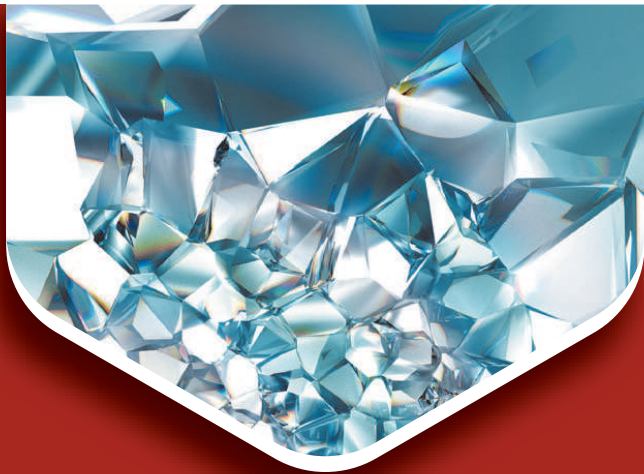
23A	Doping genetico	398
------------	-----------------	-----

Capitolo 24 Biochimica della nutrizione 413

24.1	Concetti generali	414
24.2	Omeostasi del peso corporeo	414
24.3	Fabbisogno energetico e valore energetico dei nutrienti	416
24.4	Macronutrienti	418
24.4.1	Acqua	419
	Linee guida	420
24.4.2	Proteine	420
	Bilancio azotato	421
	Malnutrizione proteica	421
	Dieta iperproteica	421
	Dieta vegetariana	422
	Linee guida	422

24.4.3	Glucidi	422
	Indice glicemico	423
	Linee guida	424
24.4.4	Lipidi	424
	Linee guida	425
24.4.5	Basi azotate	425
24.4.6	Etanolo	425
	Linee guida	425
24.5	Vitamine	425
24.5.1	Vitamine liposolubili	426
	Vitamina A	426
	Vitamina D	429
	Vitamina E	432
	Vitamina K	433
24.5.2	Vitamine idrosolubili	434
	Vitamina C	435
	Vitamina B ₁ (tiammina)	436
	Vitamina B ₂ (riboflavina)	437
	Vitamina PP (niacina)	438
	Vitamina B ₅ (acido pantotenico)	439
	Vitamina B ₆ (piridossina)	440
	Biotina	441
	Acido folico	441
	Vitamina B ₁₂	443
24.6	Fattori vitamino-simili	444
24.6.1	Colina	444
24.6.2	Inositolo	445
24.6.3	Carnitina	445
24.6.4	Acido lipoico	446
24.7	Componenti minerali	446
24.7.1	Macroelementi	446
	Sodio (Na)	446
	Potassio (K)	447
	Cloro (Cl)	447
	Calcio (Ca)	447
	Magnesio (Mg)	448
	Fosforo (P)	448
	Zolfo (Z)	448
24.7.2	Microelementi	448
	Ferro (Fe)	448
	Rame (Cu)	449
	Zinco (Zn)	450
	Iodio (I)	450
	Manganese (Mn)	451
	Cromo (Cr)	451
	Selenio (Se)	451
	Fluoro (F)	452
	Cobalto (Co)	452
24.7.3	Elementi in ultratracce	452
24.8	Componenti bioattivi	452
24.8.1	Fibra alimentare	452
24.8.2	Probiotici e prebiotici	453

24.8.3	<i>Molecole antiossidanti</i>	454	24.12	Nutrigenomica	462
24.9	Alimenti, loro funzione e classificazione	454		Concetti chiave	463
24.9.1	<i>Cereali e loro derivati e legumi</i>	455		■ Approfondimento	
24.9.2	<i>Ortaggi e frutta</i>	456		24A <i>Il paradosso francese</i>	459
24.9.3	<i>Olii e grassi</i>	456			
24.9.4	<i>Latte e suoi derivati</i>	457			
24.9.5	<i>Uova</i>	458		Indice analitico	I-1
24.9.6	<i>Carni</i>	458			
24.9.7	<i>Prodotti ittici</i>	458			
24.9.8	<i>Bevande alcoliche</i>	458		Capitoli disponibili on-line 	
24.10	Dieta e salute	459		Unità di misura	461
24.11	Diete dimagranti	461		Stato gassoso	469



CAPITOLO 4

Legame chimico

- 4.1 Molecole**
- 4.2 Stabilità degli atomi**
- 4.3 Simboli e formule**
- 4.4 Rappresentazione della struttura elettronica**
- 4.5 Formazione degli ioni**
- 4.6 Raggio ionico**
- 4.7 Legame ionico**
- 4.8 Ioni poliatomici**
- 4.9 Nomenclatura**
- 4.10 Legame covalente**
- 4.11 Legame a ponte di idrogeno**
- 4.12 Altri legami deboli**
- 4.13 Forza del legame chimico**
- 4.14 Risonanza**
- 4.15 Peso molecolare**
- 4.16 Mole**

4.1 Molecole

Una **molecola** si forma dalla combinazione di due o più atomi. Questi atomi possono essere dello stesso elemento come nel caso della molecola dell'ossigeno (O_2) o di elementi diversi come nel caso dell'acido cloridrico (HCl). Una molecola più complessa è quella del glucosio, $C_6H_{12}O_6$. Che cosa mantiene uniti gli atomi in una molecola? Gli atomi in una molecola sono uniti da legami chimici.

4.2 Stabilità degli atomi

Regola dell'ottetto

Molti atomi sono stabili (non reattivi) quando il loro livello energetico più esterno è completo, cioè riempito con otto elettroni. I gas nobili neon, argon, cripton, xenon e radon, avendo otto elettroni nel livello più esterno, sono stabili. L'eccezione a questa regola, definita **regola dell'ottetto**, è rappresentata dal gas nobile più leggero, l'elio, il quale è stabile, anche se nel livello più esterno ha solo due elettroni. Ciò dipende dal fatto che il primo livello energetico può contenere solo due elettroni.

Gli atomi che non hanno nello strato più esterno otto elettroni possono perdere, acquistare o scambiare i loro elettroni di valenza con altri atomi in modo da raggiungere una configurazione elettronica più stabile cui è associata una minore energia (potenziale). Il processo del riarrangiamento degli elettroni determina il comportamento degli atomi nelle reazioni chimiche.

4.3 Simboli e formule

Il **simbolo** non solo identifica un determinato elemento, ma rappresenta anche un atomo dell'elemento. Così il simbolo Ca serve a designare l'elemento calcio e anche un atomo di calcio (il numero 1 è sottinteso e, quindi, non viene scritto). Due atomi di calcio sono rappresentati da 2 Ca.

Formula chimica

La **formula chimica** indica gli elementi presenti in un composto. Così la formula NaCl indica che il composto cloruro di sodio è formato da un atomo di sodio (Na) e un atomo di cloro (Cl).

Se nella formula del composto è presente più di un atomo dello stesso elemento, questo viene rappresentato con un pedice numerico che serve ad indicare quanti atomi di quell'elemento sono presenti. Nel composto H_2CO_3 (acido carbonico) sono presenti due atomi di idrogeno (H), un atomo di carbonio (C) e tre atomi di ossigeno (O).

Per rappresentare più di una molecola di una sostanza si utilizza un numero (**coefficiente**) posto davanti alla formula della molecola. Ad esempio, 2 H_2CO_3 rappresenta due molecole di acido carbonico.

La formula O_2 rappresenta una molecola di ossigeno (1 viene omissso perché sottinteso). Questa molecola è formata da due atomi di ossigeno. La formula H_2 indica una molecola di idrogeno formata da due atomi di idrogeno. Sia O_2 che H_2 sono **molecole biatomiche**.

Vi sono anche molecole **monoatomiche**, cioè formate da un solo atomo, come ad esempio i gas nobili neon (Ne) e argon (Ar). Altre molecole, come quella dello zolfo (S_8), contengono diversi atomi e quindi vengono definite **poliatomiche**.

Bisogna fare attenzione a distinguere 2 O da O_2 . Il primo esempio (2 O) rappresenta due atomi di ossigeno che non sono combinati, essi cioè sono atomi separati e indipendenti tra loro; O_2 rappresenta invece una molecola di ossigeno formata da due atomi di ossigeno legati tra loro con legami covalenti. Due molecole di ossigeno sono rappresentate da 2 O_2 .

4.4 Rappresentazione della struttura elettronica

La rappresentazione della struttura elettronica mediante punti (**struttura di Lewis**) è un metodo abbreviato per rappresentare la struttura elettronica di un atomo. In questo metodo, il nucleo e tutti i livelli energetici di un elemento, ad eccezione dell'ultimo livello, sono rappresentati dal simbolo dell'elemento.

Gli **elettroni di valenza** (elettroni dello strato esterno) sono invece rappresentati da punti. Per esempio, il sodio (simbolo Na, numero atomico 11) ha 11 elettroni che sono così distribuiti: 2 nel primo livello energetico, 8 nel secondo livello e 1 nel terzo livello (cioè il livello energetico più esterno). La struttura di Lewis del sodio è: Na•. Il punto rappresenta l'elettrone di valenza, il simbolo Na rappresenta il nucleo del sodio e gli altri elettroni. Il carbonio, numero atomico 6, ha due elettroni nel primo livello e 4 nel secondo livello. La rappresentazione del carbonio è:



Elettroni di valenza

4.5 Formazione degli ioni

La Figura 4.1 mostra la rappresentazione della struttura elettronica mediante punti degli elementi dei primi tre periodi della tavola periodica.

Si consideri l'atomo di sodio. Se il sodio perde l'elettrone più esterno, la sua struttura elettronica sarà identica a quella dei gas nobili, con otto elettroni nel livello energetico più esterno, che è caratterizzata da una grande stabilità.

Quando un atomo di sodio cede un elettrone, diventa una particella carica positivamente detta ione sodio. La reazione può essere scritta come:



dove il segno positivo indica una carica uguale a +1 (il numero 1 è sottinteso e pertanto non viene scritto). La carica dello ione sodio risulta essere positiva in quanto il sodio ha 11 protoni nel nucleo, ma 10 elettroni al di fuori del nucleo.

L'atomo di alluminio, che ha 2 elettroni nel primo livello energetico, 8 nel secondo e 3 nel terzo (livello più esterno), perde i tre elettroni di valenza per formare lo ione alluminio, il quale avrà una carica +3 (che viene rappresentata in alto a destra del simbolo con 3+).

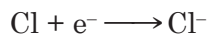
Gli elementi che hanno sei o sette elettroni nel livello più esterno tendono ad acquistare elettroni per raggiungere la configurazione elettronica con otto elettroni esterni.

¹ H•							² He••
³ Li•	⁴ Be••	⁵ B•••	⁶ C••••	⁷ N•••••	⁸ O••••••	⁹ F•••••••	¹⁰ Ne••••••••
¹¹ Na•	¹² Mg••	¹³ Al•••	¹⁴ Si••••	¹⁵ P•••••	¹⁶ S••••••	¹⁷ Cl•••••••	¹⁸ Ar••••••••

FIGURA 4.1

Rappresentazione della struttura elettronica mediante punti dei primi 18 elementi della tavola periodica.

Si consideri il cloro, che ha rispettivamente 2, 8 e 7 elettroni nel primo, secondo e terzo livello. L'atomo di cloro tende ad acquistare un elettrone per completare il livello energetico più esterno con otto elettroni e raggiungere quindi la struttura stabile dei gas nobili. L'atomo di cloro formerà così lo ione cloruro:



Tale ione, avendo un elettrone in più rispetto all'atomo di cloro, acquisterà una carica -1 . Anche in questo caso il valore numerico 1 è sottinteso e quindi non viene scritto.

Ione Un atomo che ha ceduto o acquistato elettroni nel suo livello energetico più esterno diventa uno **ione**. Uno ione formato da un metallo avrà una carica positiva pari al numero di elettroni ceduti, uno ione formato da un non metallo avrà una carica negativa uguale al numero di elettroni acquistati.

Gli ioni positivi, in soluzione, sono attratti da un elettrodo negativo chiamato catodo; pertanto gli ioni positivi sono anche chiamati genericamente **cationi**. Analogamente, gli ioni negativi sono attratti da un elettrodo positivo detto anodo, per cui essi sono chiamati genericamente **anioni**. I cationi più comuni presenti nei liquidi biologici sono lo ione sodio, Na^+ , lo ione potassio, K^+ , e lo ione calcio, Ca^{2+} . L'anione più abbondante è lo ione cloruro, Cl^- .

4.6 Raggio ionico

Quando l'atomo di un metallo perde un elettrone (o più elettroni), la carica nucleare positiva risulta maggiore della carica degli elettroni circostanti; ne segue che il nucleo attrarrà maggiormente verso di sé gli elettroni, con conseguente diminuzione del raggio atomico. Per i cationi, quindi, il raggio ionico è minore del raggio atomico.

Quando un atomo acquista un elettrone (o più elettroni), la carica positiva del nucleo risulta inferiore alla carica negativa degli elettroni, pertanto il nucleo non potrà attrarre gli elettroni con la stessa intensità di prima; quindi, per gli anioni il raggio ionico risulta maggiore del raggio atomico.

La Figura 4.2 riporta il raggio relativo di diversi atomi e dei corrispondenti ioni.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							He
2	Li Li ⁺	Be Be ²⁺	B	C	N	O O ²⁻	F F ⁻	Ne
3	Na Na ⁺	Mg Mg ²⁺	Al Al ³⁺	Si	P	S S ²⁻	Cl Cl ⁻	Ar

FIGURA 4.2

Raggio atomico e raggio ionico relativi ad alcuni elementi.

23.2 Muscolo scheletrico

Il muscolo è un trasformatore di energia, in quanto trasforma energia chimica in energia meccanica. Esistono più di 600 muscoli nel corpo umano. Il muscolo scheletrico è formato da fibre muscolari striate scheletriche (**miofibre scheletriche**). I nuclei della miofibrilla scheletrica sono localizzati in zone periferiche del citoplasma, o **sarcoplasma**, addossati alla membrana plasmatica, o **sarcolemma**. Il sarcolemma è rivestito esternamente dalla membrana basale, il tessuto connettivo che, nei muscoli, prende il nome di **endomisio**, costituito da collagene e glicoproteine. Gruppi di circa 150 miofibre sono circondati dal **perimisio**, costituendo un fascicolo. Infine, l'**epimisio** è una robusta fascia muscolare che circonda il muscolo e si continua nel tendine, che collega il muscolo all'osso. L'inserzione tendinea è molto robusta poiché il tendine si fonde con il periostio. Il tendine è formato prevalentemente da collagene che gli conferisce la ben nota solidità; infatti, è molto resistente alla trazione (oltre 500 kg) e poco elastico (allungamento massimo pari al 5% della sua lunghezza) (Fig. 23.1a).

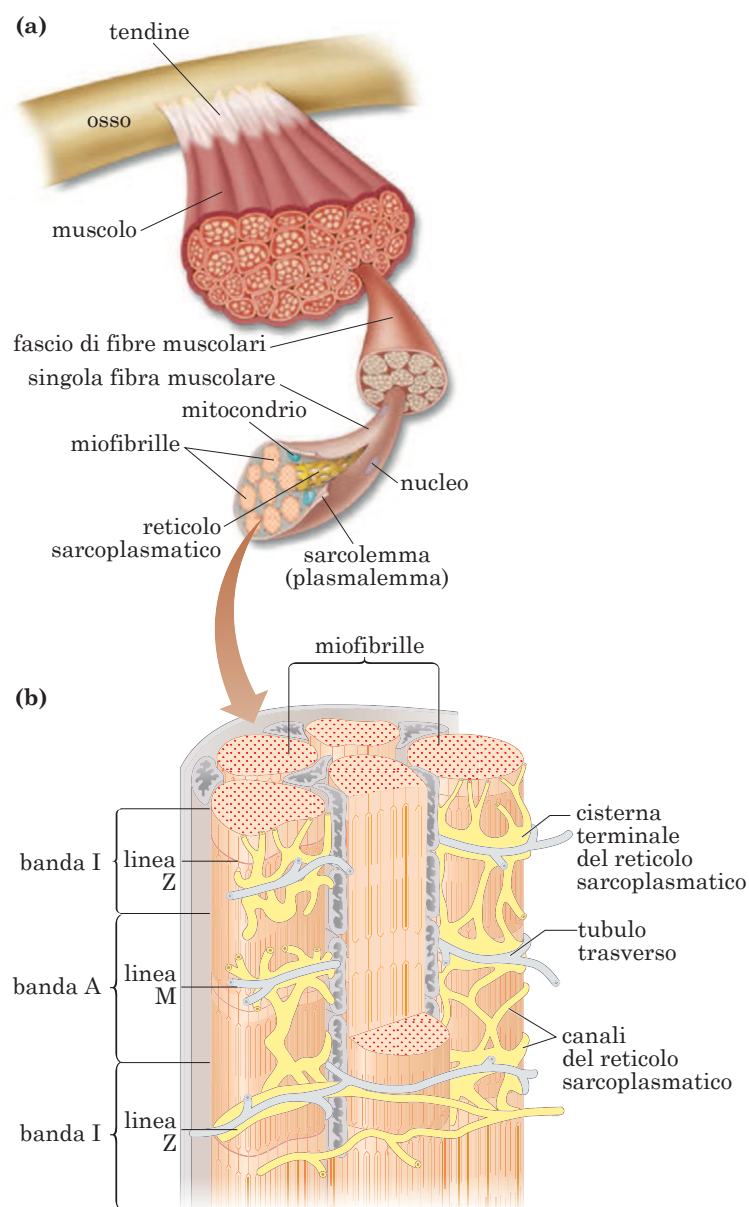
L'endomisio è percorso da vasi sanguigni, attraverso cui arrivano alla cellula l'ossigeno, i fattori di crescita e le sostanze nutritizie. Inoltre, è percorso dalle fibre nervose dei motoneuroni, che in esso formano la **giunzione neuromuscolare**. Le terminazioni sinaptiche che si dipartono dagli assoni dei motoneuroni innervano una o più miofibre in zone chiamate **placche motrici**.

Si definisce **unità motoria** l'insieme di un motoneurone e delle miofibre innervate dai suoi prolungamenti. La dimensione dell'unità motoria definisce il grado di finezza del controllo. Maggiore è il numero di fibre, minore è la finezza del movimento e viceversa. È chiaro, invece, che maggiore è la forza richiesta, maggiore sarà il numero di unità motorie reclutate.

Ogni miofibrilla contiene un citoscheletro formato da filamenti proteici detti **miofibrille**, che sono disposti in parallelo tra loro e sono circondati dal citoplasma (sarcoplasma), dove sono presenti gli organelli citoplasmatici. Le miofibrille sono avvolte dal reticolo endoplasmatico, che prende il nome di **reticolo sarcoplasmatico**. Questa struttura è la sede di accumulo di ioni Ca^{2+} e sovrintende al loro rilascio nel sarcoplasma e al loro riassorbimento. Il reticolo sarcoplasmatico è costituito da una struttura membranosa, organizzata in cisterne longitudinali, che rivestono esternamente le singole miofibrille e terminano nel **sistema tubulare trasverso**, distribuito in prossimità della parte centrale del sarcomero. In questa zona, il reticolo prende contatto con invaginazioni del sarcolemma all'interno del sarcoplasma chiamate **tubuli T**. Il tubulo T è affiancato, a destra e a sinistra, dalle estremità allargate delle cisterne del reticolo sarcoplasmatico, dette **cisterne terminali**. Il tubulo T e le cisterne terminali formano la **triade** (Fig. 23.1b).

**Giunzione
neuromuscolare**

Miofibrille



■ FIGURA 23.1

Rappresentazione schematica di un muscolo (a) e di un fascio di sei miofibrille (b).

23.2.1 Organizzazione del sistema contrattile

Se si osserva una miofibrilla al microscopio ottico, essa mostra una caratteristica striatura trasversale dovuta al succedersi di bande chiare e scure; è proprio questo alternarsi di strie ben visibile che ha fatto denominare questo particolare tipo di muscolo “striato”.

La banda scura è birifrangente ed è detta **banda A** (anisotropa), mentre la banda chiara è meno birifrangente ed è detta **banda I** (isotropa). Nella banda A si riconoscono due parti: i filamenti spessi e i filamenti sottili, con questi ultimi che si estendono dalla banda I, si sovrappongono a una parte dei filamenti spessi e terminano in corrispondenza della **zona centrale** o **banda H**. La banda I, costituita da filamenti sottili, è divisa a metà da una struttura detta **linea Z**, che

mantiene tali filamenti paralleli e uniti. La banda A è attraversata dalla **linea M**. L'unità ripetitiva compresa tra due linee Z è chiamata **sarcomero** (Fig. 23.2). Una miofibrilla è formata mediamente da circa 10.000 sarcomeri, che durante la contrazione subiscono un accorciamento che va dal 25% al 50%.

Sarcomero

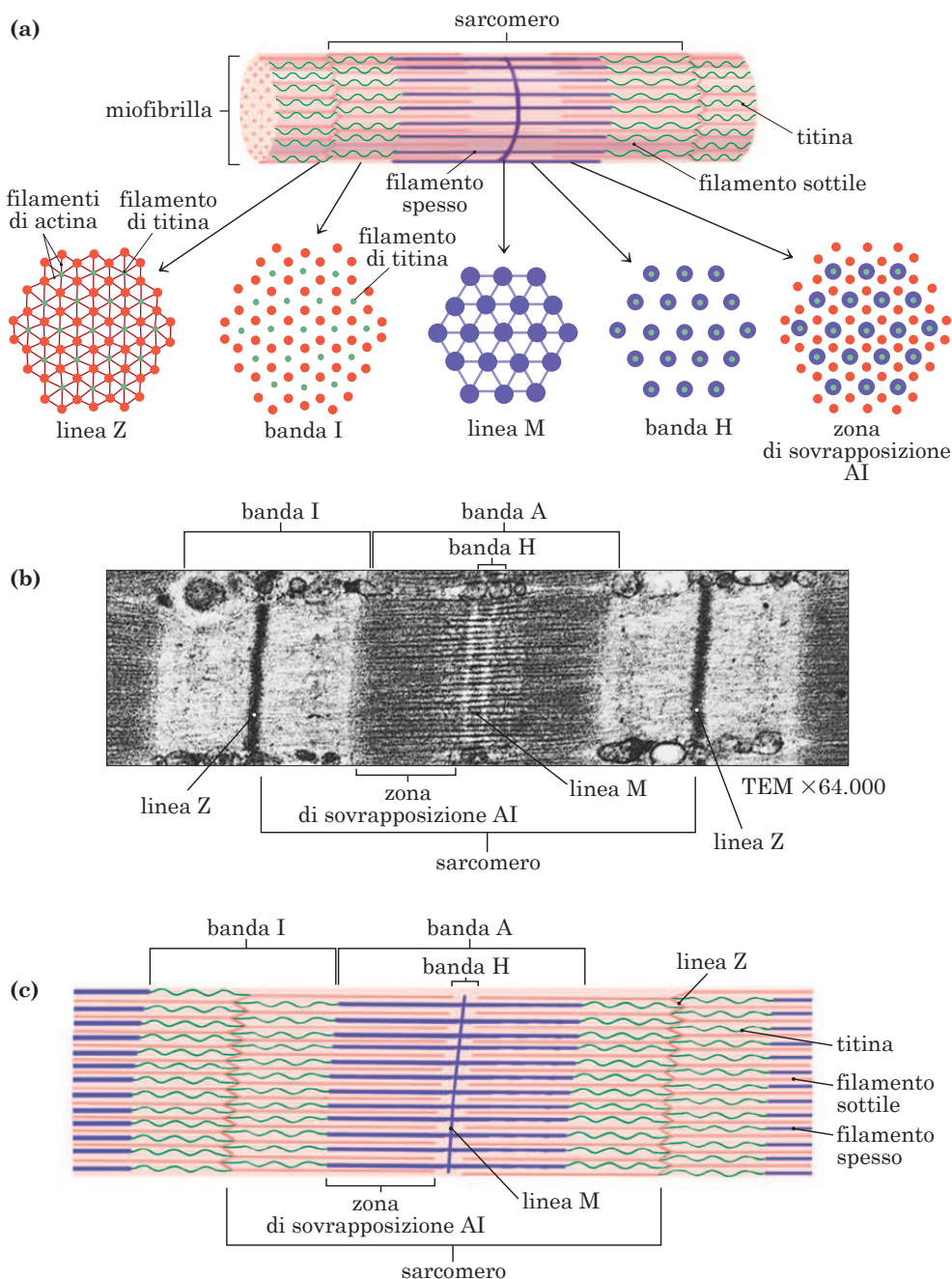


FIGURA 23.2

Struttura della miofibrilla e del sarcomero. (a) In ogni sarcomero si distribuiscono filamenti spessi alternati a filamenti sottili. Sono rappresentate, inoltre, le sezioni trasversali di differenti porzioni del sarcomero: le frecce mostrano le relazioni strutturali tra i filamenti spessi e sottili nella zona di sovrapposizione, o zona AI, e tra filamenti spessi e sottili e altre proteine del sarcomero (titina) in banda H, linea M, banda I e linea Z. (b) Microfotografia elettronica di un singolo sarcomero. (c) Rappresentazione schematica di una sezione longitudinale del sarcomero.

Proteine del sarcomero e loro organizzazione in miofibrille

Nelle miofibrille, costituite da sarcomeri, è presente circa il 60% delle proteine sintetizzate da una miofibrilla, appartenenti a tre classi distinte: proteine contrattili (**miosina** e **actina**), proteine regolatrici (**troponina** e **tropomiosina**) e proteine strutturali (**titina**, **CapZ**, **nebulina**, **α -actinina**, **miomesina**, ecc.). Queste proteine danno origine a strutture sovramolecolari chiamate **filamenti spessi** e **filamenti sottili**.

Miosina

Filamenti spessi - Un filamento spesso è costituito da circa 400 molecole di miosina e da altre proteine associate (es. miomesina). La **miosina** (PM 470 kDa) appartiene a una superfamiglia di proteine comprendente circa 18 classi, 10 delle quali sono espresse nell'uomo a diversi livelli in molti tessuti. La miosina coinvolta nella contrazione è detta miosina convenzionale o di tipo II (Fig. 23.3a).

La miosina è costituita da due catene pesanti (circa 200 kDa) aventi sequenza identica e da due coppie di catene leggere (da 15 a 27 kDa) che differiscono per dimensioni in relazione al tipo di muscolo. Le catene pesanti di una molecola di miosina si avvolgono l'una sull'altra originando un dominio a doppia elica (coda), mentre all'estremità *N*-terminale formano due regioni globulari (teste), alle quali sono associate le catene leggere. La testa della miosina si può dividere in due regioni: il collo, in continuità con la coda, e il dominio motore, dove ha sede l'attività ATPasica e vi sono i siti di interazione con l'actina. A livello del collo si associano le catene leggere con funzioni regolatrici e stabilizzatrici, mentre all'interno del collo è collocato uno degli snodi o cerniere di ripiegamento della molecola.

Miomesina

Le molecole di miosina sono orientate in direzione opposta nelle due metà del filamento spesso, con le code che si affrontano nella zona centrale. Le teste nel miofilamento sono disposte verso l'esterno ad intervalli regolari e ogni coppia di teste è spostata di un terzo di giro rispetto alla precedente. La zona centrale del filamento spesso risulta priva di teste ed è formata solo da code; nel punto in cui le miosine si incontrano coda-coda è presente la **miomesina**, che delinea la linea M.

Actina

Filamenti sottili - Un filamento sottile è costituito da una doppia elica di monomeri di actina globulare (G-actina) e dalle proteine di regolazione **tropomiosina** e **troponina**, che sono presenti in rapporto molare di 1:1 nel muscolo scheletrico e cardiaco. L'**actina** è una proteina idrofila e globulare (43 kDa) la cui polimerizzazione porta alla formazione di microfilamenti di F-actina, composti da due catene parallele lineari avvolte l'una sull'altra ad elica. Nelle cellule muscolari i microfilamenti di F-actina costituiscono i miofilamenti sottili; le estremità di questi filamenti sono protette da due proteine: **CapZ**, inserita nella linea Z, dove interagisce con l' **α -actinina** che ha la funzione di tenere "spaziate" le molecole di actina, e la **tropomodulina**. Queste due proteine stabilizzano il microfilamento e bloccano l'eccessivo allungamento o accorciamento dei filamenti sottili.

Tropomiosina

La **tropomiosina** (66 kDa) è una molecola allungata costituita da due catene polipeptidiche avvolte a α -elica che si dispongono sui filamenti di F-actina. È coinvolta nel meccanismo di regolazione della contrazione: essa è localizzata nel solco della doppia elica di F-actina per mascherare e, alternativamente, esporre i siti di legame con le teste di miosina.

M. Bertoldi • D. Colombo • F. Magni • O. Marin • P. Palestini

Chimica e Biochimica

Accedi all'ebook e ai
contenuti digitali



Espandi le tue risorse



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



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi.
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.

