

# Indice

---

Prefazione	V
------------	---

## PARTE I - Biochimica propedeutica

### Capitolo 1

#### Concetti generali di chimica

di *Veronica Carnicelli*

	1
1.1 L'atomo e gli elementi	1
1.1.1 L'atomo	1
1.1.2 Gli elementi e la tavola periodica	2
1.2 I legami chimici e le molecole	3
1.2.1 I legami intramolecolari	4
1.3 La polarità delle molecole	5
1.3.1 Dipoli molecolari: la molecola di H <sub>2</sub> O	5
1.3.2 Il legame a idrogeno	5
1.3.3 Le molecole idrofobe e idrofile	6
1.4 Le soluzioni	6
1.4.1 La concentrazione delle soluzioni	7
1.4.2 Le proprietà colligative	7
1.5 Le reazioni e l'equilibrio chimico	9
1.5.1 Tipi di reazioni	9
1.5.2 Equilibrio chimico	10
1.6 Acidi e basi, il pH, i tamponi	10
1.6.1 Acidi e basi	10
1.6.2 La ionizzazione dell'acqua e il concetto di pH	12
1.6.3 I tamponi	13
1.7 Reazioni di ossido-riduzione (redox)	14
Sommario	15
Domande di verifica	16

### Capitolo 2

#### La chimica del carbonio

di *Antonio Di Giulio*

	17
2.1 Il carbonio	17
2.2 Le molecole organiche e i gruppi funzionali	19
2.3 Gli idrocarburi	20
2.4 Alcoli, fenoli e tioli	21
2.5 Le aldeidi e i chetoni	23
2.6 Gli acidi carbossilici	23
2.7 I derivati degli acidi organici: gli esteri, le ammidi e le anidridi	25
2.8 Le amine	26
2.9 Isomeria nei composti organici	27
Sommario	29
Domande di verifica	30

## Capitolo 3

### La materia vivente

di *Antonio Di Giulio*

31

- 3.1 Biomolecole: classi dei composti di interesse biologico 31
- 3.2 I componenti minerali dell'organismo: cenni sulle loro funzioni 33
  - Box 3.1** I minerali quali cofattori enzimatici 34
- 3.3 Generalità sulla struttura della cellula 34
  - Sommario 37
  - Domande di verifica 38

## PARTE II - Biochimica strutturale

## Capitolo 4

### I glucidi

di *Veronica Carnicelli*

39

- 4.1 Definizione e generalità 39
- 4.2 Stereoisomeria, monosaccaridi 40
- 4.3 Il legame glicosidico e gli oligosaccaridi e polisaccaridi 44
- 4.4 I polisaccaridi: glicogeno, amido e cellulosa 45
  - Sommario 47
  - Domande di verifica 48

## Capitolo 5

### I lipidi

di *Gabriele D'Andrea*

49

- 5.1 Definizione e generalità 49
- 5.2 Gli acidi grassi: struttura, nomenclatura, caratteristiche. Isomeria *cis-trans* 50
- 5.3 Triacilgliceroli: struttura, funzione e localizzazione 54
- 5.4 Glicerofosfolipidi: struttura, funzione e localizzazione 56
- 5.5 Cenni su sfingolipidi ed eicosanoidi 58
- 5.6 Il colesterolo e le sostanze derivate (acidi biliari, ormoni steroidei, vitamina D) 60
  - Sommario 63
  - Domande di verifica 64

## Capitolo 6

### Aminoacidi e proteine

di *Antonio Di Giulio*

65

- 6.1 Struttura e classificazione degli aminoacidi 66
  - 6.1.1 Altri aminoacidi 70
- 6.2 Il legame peptidico e i peptidi 72
- 6.3 Proprietà e classificazione delle proteine 73
- 6.4 Struttura delle proteine 76
- 6.5 Cenni sulle modificazioni post-traduzionali delle proteine 80
- 6.6 Esempi di proteine ad alta specializzazione funzionale: il collagene, le immunoglobuline, l'actina e la miosina 85
  - Sommario 89
  - Domande di verifica 90

## Capitolo 7

### Nucleotidi e acidi nucleici

di *Gabriele D'Andrea*

91

7.1	Struttura dei nucleotidi	91
7.2	Generalità sulla funzione dei nucleotidi (trasporto di energia e regolazione biochimica)	94
7.3	Coenzimi contenenti nucleotidi	95
7.4	Cenni sulla struttura degli acidi nucleici	98
	Sommario	103
	Domande di verifica	104

## PARTE III - Biofisica e bioenergetica

## Capitolo 8

### Principi di bioenergetica

di *Gabriele D'Andrea*

105

8.1	Cenni su principi di termodinamica. Energia libera ed entropia	105
8.2	Le variazioni di energia libera e l'equilibrio chimico	108
8.3	I fattori che influenzano le variazioni di energia libera	110
8.4	Reazioni esoergoniche ed endoergoniche. Reazioni di accoppiamento	112
8.5	Reazioni di ossidoriduzione (redox) e potenziale redox	112
8.6	L'ATP come moneta cellulare di scambio energetico	115
8.7	Dettagli sulla struttura e proprietà dell'ATP	116
8.8	Composti altamente energetici: introduzione a creatina e fosfocreatina	118
	Sommario	122
	Domande di verifica	123

## Capitolo 9

### Enzimi e catalisi enzimatica

di *Nicola Franceschini*

125

9.1	Velocità di reazione e catalizzatori	125
9.2	Classificazione degli enzimi, un po' di storia	128
9.3	Cofattori e coenzimi. Le vitamine come coenzimi	129
9.4	Gli enzimi come catalizzatori biologici	130
	9.4.1 Catalisi acido-base	131
	9.4.2 Catalisi da ioni metallici	131
9.5	Cenni di cinetica enzimatica	132
	9.5.1 La velocità delle reazioni enzimatiche può essere misurata	132
9.6	I fattori che influenzano la velocità delle reazioni enzimatiche	133
9.7	Inibizione dell'attività enzimatica	134
	9.7.1 L'inibizione reversibile	135
	9.7.2 L'inibizione irreversibile	135
9.8	Cenni sugli enzimi allosterici e sul loro significato	136
	Sommario	138
	Domande di verifica	139

## Capitolo 10

### La fosforilazione ossidativa

di *Lucia Cavallini*

141

10.1	Le ossidazioni come fonte di energia utile	141
10.2	I mitocondri: significato della compartimentalizzazione	142

<b>10.3</b>	I complessi respiratori e la catena respiratoria: il trasferimento degli elettroni	144
<b>10.4</b>	Meccanismo della fosforilazione ossidativa e sintesi di ATP	147
<b>10.5</b>	Regolazione dell'accoppiamento tra catena respiratoria e fosforilazione ossidativa. Gli inibitori. Il rapporto P/O	148
<b>10.6</b>	Proteine disaccoppianti e termogenesi	150
<b>10.7</b>	Specie reattive dell'ossigeno e radicali liberi. Correlazione con l'attività fisica	151
	10.7.1 Specie reattive dell'ossigeno (ROS)	151
	10.7.2 Specie reattive dell'azoto o RNS	152
<b>10.8</b>	Cenni sui meccanismi di difesa. Antiossidanti	153
	Sommario	154
	Domande di verifica	155

## PARTE IV - Biochimica funzionale

### Capitolo 11

#### Trasporto e utilizzo dell'ossigeno

di *Riccardo Marzocchini*

157

<b>11.1</b>	Cenni sui gas e sull'ossigeno atmosferico	158
	11.1.1 Le leggi dei gas	158
	11.1.2 Pressione parziale e tensione di vapore	158
	11.1.3 L'ossigeno atmosferico	158
<b>11.2</b>	Emoglobina: struttura e funzione	159
	11.2.1 Struttura dell'emoglobina	159
	11.2.2 Il gruppo eme	161
<b>11.3</b>	Il legame dell'emoglobina con l'ossigeno	162
	11.3.1 Comportamento allosterico dell'emoglobina	162
	11.3.2 Il legame con l'ossigeno e l'effetto cooperativo	164
<b>11.4</b>	Fattori che influenzano l'affinità dell'emoglobina per l'ossigeno	165
	11.4.1 Legame con ioni H <sup>+</sup> e ruolo del pH	165
	11.4.2 Trasporto di anidride carbonica	166
	11.4.3 Legame con 2,3-bisfosfoglicerato	167
	11.4.4 Effetto della temperatura	168
	11.4.5 Emoglobina fetale	168
<b>11.5</b>	Alterazioni acquisite o ereditarie dell'emoglobina e della sua funzione	169
	11.5.1 Derivati dell'emoglobina	169
	11.5.2 Emoglobine anomale	170
<b>11.6</b>	La mioglobina: struttura e funzione	172
<b>11.7</b>	L'eritrocita e l'eritropoietina: cenni sull'uso come doping	173
	11.7.1 Il globulo rosso	173
	11.7.2 L'eritropoietina	174
	Sommario	175
	Domande di verifica	176

### Capitolo 12

#### Trasporto attraverso la membrana e biosegnalazione

di *Riccardo Marzocchini*

177

<b>12.1</b>	Struttura e funzione delle membrane biologiche	177
	12.1.1 Costituzione delle membrane biologiche	178
	12.1.2 Struttura delle membrane biologiche	180
<b>12.2</b>	Trasporto attraverso la membrana	183
<b>12.3</b>	Biosegnalazione	185
<b>12.4</b>	Trasduzione del segnale	187
	12.4.1 Modificazioni post-traduzionali di proteine	187

12.4.2	Proteine G	188
12.4.3	Secondi messaggeri	189
	Sommario	192
	Domande di verifica	193

## Capitolo 13

### Gli ormoni

di *Carlo Bergamini, Vincenzo Lanzara*

195

13.1	Classificazione degli ormoni e degli organi endocrini	195
13.2	Cenni al concetto di gerarchia ormonale: ipotalamo e ipofisi	198
13.3	Introduzione alla struttura e alle funzioni di alcuni ormoni importanti per l'attività motoria	200
13.4	Catecolamine	202
13.5	Glucagone	204
13.6	Insulina	204
	13.6.1 Controllo della secrezione	205
	13.6.2 Effetti metabolici dell'insulina	205
	13.6.3 Il recettore dell'insulina	206
	13.6.4 Trasduzione del segnale insulinico da parte del recettore	207
13.7	Ormone della crescita, IGF-I e miostatina	208
	13.7.1 Ormone della crescita	209
	13.7.2 IGF-I	209
	13.7.3 Miostatina	210
13.8	Gli ormoni steroidei	211
	13.8.1 Recettori intracellulari e nucleari. Meccanismo degli ormoni steroidei	211
	13.8.2 Biosintesi degli ormoni steroidei	212
13.9	Mineralcorticoidi e controllo dell'omeostasi salina e pressoria	214
13.10	Glucocorticoidi	215
13.11	Ormoni sessuali. Androgeni e doping	215
13.12	Ormoni della tiroide	216
13.13	Ormoni e controllo della calcemia	217
13.14	Cenni sulle adipochine, leptina e adiponectina	218
13.15	Cenni sull'azione degli eicosanoidi: prostaglandine, prostaciline, leucotrieni e trombossani	218
	Sommario	220
	Domande di verifica	221

## PARTE V - Introduzione al metabolismo

### Capitolo 14

#### Il metabolismo e la sua regolazione

di *Antonello Lorenzini*

223

14.1	Le fasi del metabolismo: catabolismo e anabolismo	223
14.2	La regolazione del metabolismo	225
14.3	Compartimentazione	225
14.4	Regolazione delle attività enzimatiche	226
	14.4.1 Regolazione delle quantità di enzima	226
	14.4.2 Modificazioni post-traduzionali	228
	14.4.3 Ruolo degli enzimi allosterici	228
14.5	Regolazione ormonale	229
	Sommario	230
	Domande di verifica	231

## Capitolo 15

### Funzioni metaboliche in diversi tessuti

di <i>Carla Pignatti</i>	233
<b>15.1</b> Il sangue trasporta ossigeno, nutrienti, metaboliti, ormoni	233
15.1.1 Composizione del plasma	234
15.1.2 Cellule del sangue	236
15.1.3 Regolazione del pH ematico	237
<b>15.2</b> Il fegato trasforma svariate sostanze e immagazzina glucosio	239
15.2.1 Fegato e metabolismo glucidico	239
15.2.2 Fegato e metabolismo lipidico	239
15.2.3 Fegato e metabolismo delle sostanze azotate	240
15.2.4 Fegato e detossificazione	240
<b>15.3</b> Il tessuto adiposo immagazzina lipidi e secerne ormoni	240
15.3.1 Funzione di riserva energetica	241
15.3.2 Funzione termica	241
15.3.3 Funzione endocrina	241
<b>15.4</b> Il rene mantiene l'equilibrio idrico-salino	242
15.4.1 Il liquido extracellulare e l'osmolarità	242
15.4.2 Filtrazione e riassorbimento renale	242
15.4.3 Filtrazione e riassorbimento	243
15.4.4 Controllo del pH	244
<b>15.5</b> Il cervello trasmette impulsi elettrici e informazioni	244
15.5.1 Le cellule del sistema nervoso	244
15.5.2 Caratteristiche metaboliche del SNC	246
15.5.3 Funzione endocrina	247
Sommario	247
Domande di verifica	248

## Capitolo 16

### La cellula muscolare e l'esercizio fisico: introduzione

di <i>Claudio Stefanelli</i>	249
<b>16.1</b> La cellula muscolare	250
16.1.1 Struttura delle cellule muscolari	250
16.1.2 Il sarcomero	252
16.1.3 Reticolo sarcoplasmatico e tubuli T	252
16.1.4 Il muscolo scheletrico contiene tipi distinti di fibre	253
<b>16.2</b> Le proteine dell'apparato contrattile	254
16.2.1 Filamenti spessi	255
16.2.2 Filamenti sottili	257
16.2.3 Altre proteine del sarcomero	259
16.2.4 Proteine di connessione	261
<b>16.3</b> Il meccanismo della contrazione muscolare	262
16.3.1 Accoppiamento eccitazione-contrazione: ruolo del calcio	262
16.3.2 Il ciclo dei ponti trasversali	264
<b>16.4</b> La richiesta energetica per la contrazione muscolare e i parametri dell'esercizio	266
Sommario	268
Domande di verifica	270

## PARTE VI - Biochimica metabolica

### Capitolo 17

#### Glucosio, glicolisi e metabolismo del glicogeno

di *Roberta Ceci, Stefania Sabatini*

271

17.1	Digestione e assorbimento	271
17.2	La glicemia e il suo controllo ormonale	272
17.3	Ingresso del glucosio nelle cellule. I trasportatori del glucosio	273
17.4	Destino del glucosio in relazione alle richieste energetiche e prima tappa della glicolisi	274
17.5	La glicolisi e la sua regolazione	275
17.6	Resa energetica della glicolisi	278
17.7	Effetto dell'esercizio sulla glicolisi muscolare	279
17.8	Destino del piruvato	280
17.9	Ossidazione del piruvato	281
17.10	Formazione di lattato: la lattato deidrogenasi	282
17.11	Metabolismo del glicogeno: glicogenolisi e glicogenosintesi	283
17.11.1	Sintesi del glicogeno	285
17.11.2	Demolizione del glicogeno	286
17.11.3	Regolazione del metabolismo del glicogeno	287
17.12	Metabolismo del fruttosio e del galattosio	291
17.13	Utilizzo di carboidrati correlato all'attività fisica	293
17.14	Cenni sulla via del pentoso fosfato	295
	Sommario	297
	Domande di verifica	297

### Capitolo 18

#### Il ciclo di Krebs

di *Roberta Ceci, Stefania Sabatini*

299

18.1	Ossidazione dell'acetato e sua regolazione	299
18.2	Resa energetica del ciclo	302
18.3	Fonti di acetil-CoA	303
18.4	Funzioni non energetiche del ciclo e reazioni anaplerotiche	303
	Sommario	304
	Domande di verifica	305

### Capitolo 19

#### Metabolismo dei lipidi

di *Nadia Papini*

307

19.1	Digestione e assorbimento	307
19.2	Metabolismo dei triacilgliceroli nelle cellule adipose	311
19.3	Triacilgliceroli intramuscolari	312
19.4	Effetto dell'esercizio sulla lipolisi. Stimolazione ormonale della lipolisi	315
19.5	La degradazione degli acidi grassi ( $\beta$ -ossidazione). Ruolo della carnitina	316
19.6	La resa energetica dell'ossidazione degli acidi grassi	319
19.7	I corpi chetonici: formazione, metabolismo, funzioni	320
19.8	Utilizzo di acidi grassi e corpi chetonici correlato all'attività fisica	322
	Sommario	323
	Domande di verifica	324

## Capitolo 20

### Lipogenesi e gluco-genesi

di *Nadia Papini*

	327
20.1 Sintesi di acidi grassi. Allungamento e insaturazione della catena. Acidi grassi essenziali	327
20.2 Cenni sulla sintesi del colesterolo (provenienza dell'acetil-SCoA)	332
20.3 Effetto dell'esercizio fisico sulla sintesi dei lipidi e sui lipidi ematici	334
20.4 La leptina e l'attività fisica nel controllo della massa grassa	335
20.5 La gluconeogenesi. Conversione del piruvato in glucosio	336
20.6 Molecole glucogeniche	340
20.7 Effetto dell'esercizio sulla gluconeogenesi epatica	341
Sommario	342
Domande di verifica	343

## Capitolo 21

### Metabolismo delle proteine

di *Alberto Passi*

	345
21.1 Digestione e assorbimento	345
21.2 Anabolismo e catabolismo delle proteine. Il turnover proteico	348
21.3 Cenni sulla degradazione delle proteine	351
21.4 Effetto di ormoni sul turnover proteico: effettori anabolici e catabolici	352
21.5 Attività fisica e metabolismo proteico. Implicazioni per la regolazione della massa muscolare	354
21.6 Traffico inter-organo degli aminoacidi	355
Sommario	358
Domande di verifica	359

## Capitolo 22

### Metabolismo degli aminoacidi

di *Alberto Passi*

	361
22.1 Visione d'insieme del metabolismo degli aminoacidi	361
22.2 La transaminazione degli aminoacidi. Le transaminasi	363
22.3 Deaminazione ossidativa	365
22.4 Destino dell'ammoniaca. Ciclo dell'urea	366
22.5 Destino degli aminoacidi: aminoacidi glucogenetici e chetogenetici	368
22.6 Catabolismo degli aminoacidi ramificati	373
22.7 Utilizzo energetico degli aminoacidi nell'attività fisica	374
Sommario	376
Domande di verifica	377

## Capitolo 23

### Metabolismo di composti azotati e del ferro

di *Giovanni Miotto*

	379
23.1 Metabolismo dei nucleotidi: cenni su sintesi e degradazione dei nucleotidi	379
23.1.1 Sintesi <i>de novo</i> dei nucleotidi purinici	380
23.1.2 La via di recupero delle purine	383
23.1.3 La degradazione dei nucleotidi purinici, formazione dell'acido urico	383
23.1.4 La sintesi e la degradazione delle pirimidine	385
23.1.5 La sintesi dei deossiribonucleotidi	387
23.2 Metabolismo dell'eme: degradazione, formazione dei pigmenti biliari	389
23.3 Metabolismo del ferro	390

23.3.1 Assorbimento e trasporto del ferro	391
23.3.2 Trasporto nel sangue e distribuzione nelle cellule	392
<b>23.4</b> Metabolismo della creatina	392
23.4.1 Biosintesi della creatina	392
23.4.2 Catabolismo della creatina	393
<b>23.5</b> Metabolismo della carnitina	394
Sommario	394
Domande di verifica	396

## **PARTE VII - Metabolismo muscolare nell'esercizio e integrazioni metaboliche**

### **Capitolo 24**

#### **Metabolismo muscolare nell'esercizio**

di *Claudio Stefanelli*

397

<b>24.1</b> Meccanismi energetici nell'esercizio	397
24.1.1 Catabolismo ossidativo	398
24.1.2 Glicolisi anaerobica	398
24.1.3 Sistema dei fosfati ad alta energia	399
<b>24.2</b> La fosfocreatina	399
24.2.1 La creatina cinasi	400
24.2.2 Apporto di creatina	401
<b>24.3</b> La miocinasi e il ruolo dell'AMP	401
24.3.1 Ruolo regolatore dell'AMP	401
24.3.2 Catabolismo dell'AMP	401
<b>24.4</b> Caratteristiche biochimiche e metaboliche delle fibre muscolari	403
24.4.1 Fibre a contrazione lenta, ossidative, di tipo I	403
24.4.2 Fibre a contrazione rapida, glicolitiche, di tipo II	404
<b>24.5</b> Esercizio aerobico prolungato di lieve o media intensità	404
24.5.1 Intensità dell'esercizio	405
24.5.2 Durata dell'esercizio	406
<b>24.6</b> Esercizio di breve durata ad alta intensità	406
24.6.1 Energetica dell'esercizio ad alta intensità	406
24.6.2 Conseguenze dell'esercizio anaerobico	408
<b>24.7</b> Metabolismo del lattato	409
24.7.1 I trasportatori di lattato	409
24.7.2 Ossidazione aerobica del lattato	410
24.7.3 Riconversione in glucosio: il ciclo di Cori	410
24.7.4 Funzioni del lattato	410
<b>24.8</b> Metabolismo cardiaco ed esercizio	411
Sommario	412
Domande di verifica	413

### **Capitolo 25**

#### **Biochimica dell'allenamento**

di *Claudio Stefanelli*

415

<b>25.1</b> Segnali che portano all'adattamento	416
25.1.1 Stress meccanico	417
25.1.2 Ormoni, fattori di crescita, citochine	417
25.1.3 Stress metabolico e stato energetico cellulare	418
25.1.4 Ipossia	418
25.1.5 Stress ossidativo	418
25.1.6 Livelli intracellulari di Ca <sup>2+</sup>	419
<b>25.2</b> Allenamento aerobico	419

25.2.1 Effetti sui mitocondri e sulla capacità ossidativa	419
25.2.2 Effetti sul metabolismo dei glucidi	421
25.2.3 Effetti sul metabolismo dei lipidi	421
25.2.4 Effetti sul metabolismo di aminoacidi e proteine	422
25.2.5 Effetti sul metabolismo dell'ossigeno	422
<b>25.3</b> Allenamento anaerobico	423
25.3.1 Le basi biochimiche dell'ipertrofia	423
25.3.2 Effetti sul metabolismo energetico	426
<b>25.4</b> Disallenamento e sovrallenamento	427
Sommario	427
Domande di verifica	428
<b>Glossario</b>	429
<b>Soluzioni delle domande di verifica</b>	440
<b>Indice analitico</b>	441