

# Indice

<b>1</b>	<b>Composizione e struttura delle proteine ...</b>	<b>1</b>	<b>2.5</b>	Trasporto di soluti e modulazione nei sistemi biologici: mioglobina ed emoglobina .....	44
1.1	Aminoacidi .....	2	.1	Funzione dell'emoglobina e della mioglobina .....	44
.1	Chiralità .....	5	.2	Legame ossigeno-globine .....	47
.2	Proprietà acido-base .....	7	.3	Trasporto di anidride carbonica ed effetto Bohr .....	48
.3	Punto isoelettrico .....	7	.4	Allosteria nell'emoglobina e regolazione da parte del BPG ...	49
.4	Classificazione degli aminoacidi ..	9	.5	Relazione tra struttura e funzione dei trasportatori di ossigeno .....	50
.5	Reazioni degli aminoacidi .....	10	.6	Emoglobine patologiche .....	52
1.2	Legame peptidico: polipeptidi e proteine .....	12	.7	Anemia falciforme .....	53
1.3	Struttura proteica .....	16	2.6	Proteine allosteriche .....	54
.1	Struttura primaria .....	16		Concetti chiave .....	56
.2	Struttura secondaria .....	16		Lecture consigliate .....	57
.3	Struttura terziaria .....	21	<b>3</b>	<b>Tecniche di studio delle proteine .....</b>	<b>59</b>
.4	Struttura quaternaria .....	22	3.1	Isolamento ed espressione delle proteine in forma ricombinante ..	60
1.4	Stabilità proteica .....	23	3.2	Stabilizzazione e solubilità delle proteine .....	61
.1	Forze idrofobiche .....	23	3.3	Purificazione .....	63
.2	Ponti salini .....	24	3.4	Tecniche cromatografiche .....	64
.3	Legame idrogeno .....	25	.1	Cromatografia per affinità .....	65
.4	Ponti disolfuro .....	25	.2	Cromatografia a scambio ionico ..	67
1.5	Folding proteico .....	26	.3	Cromatografia a esclusione molecolare .....	68
1.6	Flessibilità e dinamica delle proteine.....	28	3.5	Elettroforesi .....	70
	Concetti chiave .....	29	.1	Gel elettroforesi SDS-PAGE .....	72
	Lecture consigliate .....	30	.2	Tecnica di immunoblotting .....	73
<b>2</b>	<b>Relazione tra struttura e funzione delle proteine .....</b>	<b>31</b>	.3	Focalizzazione isoelettrica .....	74
2.1	Proteine globulari .....	32	.4	Elettroforesi bidimensionale .....	74
2.2	Proteine fibrose .....	34	3.6	Spettrofotometria UV-visibile .....	75
.1	$\alpha$ -Cheratina .....	34	3.7	Dicroismo circolare .....	76
.2	Collagene .....	36	3.8	Studio del legame a ligandi .....	78
2.3	Coenzimi: ioni, cofattori, gruppi prostetici .....	38			
.1	Ioni .....	39			
.2	Cofattori .....	40			
.3	Gruppi prostetici .....	41			
2.4	Legame reversibile alle biomolecole: affinità e specificità del legame .....	42			

.1	Dialisi all'equilibrio: legame di molecole marcate .....	79	Concetti chiave .....	120
.2	Spettroscopia di fluorescenza .....	79	Lecture consigliate .....	122
.3	Titolazione calorimetrica isoterma .....	81		
3.9	Struttura terziaria .....	81		
.1	Risonanza magnetica nucleare ...	82		
.2	Cristallografia a raggi X .....	84		
	Concetti chiave .....	87		
	Lecture consigliate .....	88		
<b>4</b>	<b>Struttura e funzione degli acidi nucleici ...</b>	<b>89</b>	<b>5</b>	<b>Funzione e regolazione degli enzimi .....</b>
4.1	Nucleotidi, nucleosidi e nucleobasi ....	90	5.1	Enzimi come catalizzatori delle reazioni chimiche dei sistemi biologici .....
.1	Proprietà delle basi azotate .....	91		124
.2	Legame $\beta$ - <i>N</i> -glicosidico .....	93	.1	Trasformazione di energia da parte degli enzimi .....
.3	Conformazione del pentosio .....	93	.2	Classificazione degli enzimi .....
.4	Legami fosfoestereo e fosfoanidridico nei nucleotidi ...	94	.3	Cofattori .....
.5	Acidità dei nucleotidi .....	94	5.2	Variazione dell'energia libera di Gibbs e spontaneità delle reazioni biochimiche .....
4.2	Oligonucleotidi .....	94		131
.1	Legame fosfodiesterico .....	95	5.3	Velocità di reazione ed energia libera di attivazione .....
.2	Proprietà degli oligonucleotidi ...	96		135
4.3	Acidi nucleici: DNA .....	96	5.4	Caratteristiche del sito attivo degli enzimi .....
.1	Struttura del DNA .....	97		138
.2	Modello di Watson e Crick (B-DNA): la doppia elica .....	98	5.5	Proprietà cinetiche degli enzimi .....
.3	Forma A del DNA .....	100	.1	Cinetica delle reazioni .....
.4	Forma Z del DNA .....	101	.2	Cinetica enzimatica ed equazione di Michaelis-Menten .....
.5	Struttura terziaria del DNA .....	101	.3	Significato della costante di Michaelis-Menten .....
4.4	Stabilità degli acidi nucleici .....	102	.4	Numero di turnover, velocità massima ed efficienza catalitica .....
.1	Separazione reversibile dei filamenti di DNA .....	103	.5	Analisi dei parametri cinetici con il grafico di Lineweaver-Burk .....
.2	Legami idrogeno tra le basi azotate .....	104	.6	Equazione di Michaelis-Menten ed enzimi allosterici .....
.3	Conformazione dello scheletro ribosio fosfato .....	104	.7	Molte reazioni dei sistemi biologici coinvolgono più di un substrato .....
.4	Impilamento delle nucleobasi ....	105	5.6	Meccanismi di inibizione enzimatica
4.5	Tipologie e struttura dell'RNA .....	106	.1	Inibizione irreversibile .....
.1	RNA messaggero .....	106	.2	Inibizione reversibile .....
.2	RNA di trasporto .....	107	5.7	Strategie catalitiche .....
.3	Ribozimi .....	109	.1	Anidrasi carbonica .....
.4	Ibridi DNA-RNA .....	110	.2	Chimotripsina: una serina proteasi che utilizza una triade catalitica .....
4.6	Ribosoma .....	110	.3	Inibitori delle proteasi .....
4.7	Sintesi in vivo del DNA e dell'RNA .....	112	5.8	Regolazione dell'attività enzimatica ...
.1	Replicazione semiconservativa del DNA e sua trascrizione nell'RNA .....	113	.1	Controllo allosterico .....
.2	DNA polimerasi .....	113	.2	Regolazione con modificazione covalente dell'enzima .....
.3	RNA polimerasi .....	114	.3	Regolazione da parte di proteine di controllo .....
4.8	Sequenziamento del DNA .....	115	.4	Attivazione proteolitica .....
.1	Sequenziamento chimico .....	116	Concetti chiave .....	173
.2	Sequenziamento enzimatico .....	118	Lecture consigliate .....	174

<b>6 Carboidrati</b> .....	175	<b>8 Funzioni delle membrane cellulari</b> .....	239
6.1 Monosaccaridi .....	176	8.1 Modalità di trasporto attraverso la membrana .....	240
.1 Conformazioni dei monosaccaridi	180	8.2 Meccanismi di trasporto passivo .....	242
.2 Modificazioni dei monosaccaridi e legami glicosidici .....	183	8.3 Canali ionici .....	243
6.2 Oligosaccaridi e polisaccaridi .....	187	.1 Canali controllati dal ligando: recettore per l'acetilcolina .....	244
6.3 Glicoproteine: oligosaccaridi o polisaccaridi legati alla catena polipeptidica .....	192	.2 Canali controllati dal voltaggio ..	248
.1 <i>N</i> -glicosilazione e <i>O</i> -glicosilazione	192	8.4 Acquaporine .....	251
.2 Glicosaminoglicani, proteoglicani e peptidoglicani .....	197	8.5 Caratteristiche ricorrenti dei canali ...	253
.3 Lectine .....	200	8.6 Giunzioni comunicanti .....	253
6.4 Cenni sui metodi di analisi dei carboidrati .....	201	8.7 Proteine di trasporto .....	254
Concetti chiave .....	202	8.8 Meccanismi di trasporto attivo primario .....	258
Lecture consigliate .....	204	.1 Pompe ioniche .....	259
<b>7 Struttura delle membrane cellulari</b> .....	205	.2 Digitossigenina: steroide cardiotonico che inibisce la sodio/potassio-ATPasi .....	263
7.1 Diverse tipologie di membrane biologiche .....	206	8.9 Trasporto mediato da trasportatori ABC.....	264
.1 Struttura delle membrane biologiche .....	209	8.10 Considerazioni conclusive .....	266
7.2 Lipidi di membrana .....	210	Concetti chiave .....	268
.1 Acidi grassi: componenti importanti dei lipidi di membrana .....	210	Lecture consigliate .....	270
.2 Fosfolipidi .....	212	<b>9 Meccanismi di trasduzione del segnale</b> .....	271
.3 Glicolipidi .....	216	9.1 Fasi della trasduzione del segnale .....	272
.4 Colesterolo .....	217	.1 Primi messaggeri .....	273
.5 Formazione dei doppi strati lipidici e loro proprietà .....	217	.2 Secondi messaggeri .....	274
7.3 Proteine delle membrane cellulari .....	220	.3 Modalità di trasduzione del segnale .....	274
.1 Proteine integrali di membrana ...	220	9.2 Recettori a sette eliche transmembrana .....	275
.2 Proteine ancorate alla membrana tramite lipidi .....	225	.1 Via di trasduzione del segnale innescata dall'adrenalina .....	275
.3 Proteine periferiche di membrana .....	226	.2 Via del fosfatidilinositolo 4,5-difosfato .....	283
7.4 Proprietà delle membrane biologiche ...	227	9.3 Ione calcio: secondo messaggero che regola numerosi processi cellulari .....	289
.1 Fluidità delle membrane biologiche .....	227	9.4 Ossido nitrico: secondo messaggero a vita breve .....	292
.2 Fattori che influenzano la fluidità delle membrane .....	230	9.5 Recettori tirosinchinasici .....	292
.3 Asimmetria delle membrane biologiche .....	232	.1 Trasduzione del segnale dipendente dal recettore dell'insulina .....	293
.4 Ricostituzione di una membrana a partire da componenti purificati .....	234	.2 Trasduzione del segnale dipendente dal recettore del fattore di crescita dell'epidermide .....	295
.5 Membrana plasmatica degli eritrociti: un modello di membrana ben caratterizzato ...	234	9.6 Piccole GTPasi: interruttori molecolari per numerosi processi cellulari .....	296
Concetti chiave .....	236	Concetti chiave .....	300
Lecture consigliate .....	237	Lecture consigliate .....	302

<b>10 Proteine intrinsecamente disordinate</b> .....	303	<b>11 Introduzione al metabolismo</b> .....	345
10.1 Non tutte le proteine hanno una struttura definita e stabile .....	304	11.1 Il metabolismo nel suo insieme .....	346
.1 Proteine e regioni proteiche intrinsecamente disordinate .....	305	.1 Trasformazione dell'energia: accoppiamento tra reazioni endoergoniche ed esoergoniche ...	350
.2 Le proteine intrinsecamente disordinate sono abbondanti negli eucarioti .....	305	.2 Composti fosforilati e tioesteri ad alta energia .....	352
10.2 Metodi di studio .....	307	.3 I gradienti immagazzinano energia potenziale .....	357
.1 Cristallografia a raggi X .....	307	.4 Reazioni di ossidoriduzione .....	358
.2 Risonanza magnetica nucleare ....	307	.5 Digestione e assorbimento delle molecole contenute negli alimenti .....	360
.3 Dicroismo circolare .....	308	.6 Valore calorico degli alimenti ....	366
.4 Digestione con proteasi .....	309	11.2 Vitamine .....	367
.5 Strumenti computazionali .....	311	.1 Vitamine idrosolubili .....	367
10.3 Caratteristiche strutturali .....	312	.2 Vitamine liposolubili .....	372
.1 Caratteristiche della sequenza primaria e flessibilità strutturale ...	313	11.3 Regolazione del metabolismo .....	375
.2 Influenza dell'ambiente .....	319	.1 Compartimentazione cellulare ....	375
.3 Ligandi naturali .....	320	.2 Regolazione a breve e a lungo termine degli enzimi segnapasso .....	376
10.4 Il disordine intrinseco è importante per l'assemblaggio di complessi proteici .....	320	Concetti chiave .....	378
.1 Organizzazione di complessi multiproteici .....	321	Lecture consigliate .....	380
.2 Macchine stocastiche .....	322	<b>12 Metabolismo del glucosio</b> .....	381
.3 Stabilizzazione dovuta all'interazione con altre molecole .....	322	12.1 Glicolisi: via metabolica fondamentale per la produzione di energia .....	382
10.5 Funzioni delle proteine intrinsecamente disordinate .....	323	12.2 Meccanismi di ingresso del glucosio e di altri zuccheri nella cellula .....	383
.1 Vantaggi funzionali del disordine .....	324	12.3 Glicolisi: produzione di energia dall'ossidazione di glucosio a piruvato .....	385
.2 Disordine proteico e regolazione allosterica .....	326	.1 Primo stadio: il glucosio intrappolato nella cellula .....	385
.3 Caseina .....	328	.2 Secondo stadio: funzione dell'aldolasi .....	387
.4 Assemblaggio dei filamenti intermedi .....	329	.3 Terzo stadio: produzione di ATP e NADH .....	387
.5 Maturazione della tripsina dal tripsinogeno .....	330	.4 Bilancio globale della glicolisi ....	389
.6 Meccanismo a "palla e catena" per la regolazione dei canali .....	331	12.4 Trasformazioni del piruvato .....	390
.7 Calcineurina .....	331	12.5 Lavoro del muscolo in condizioni anaerobiche .....	390
.8 Integrazione di segnali da parte delle proteine regolatorie .....	331	12.6 Accumulo di NADH dovuto all'eliminazione di etanolo .....	391
10.6 Interazioni delle proteine intrinsecamente disordinate con gli acidi nucleici .....	332	12.7 Conversione di galattosio e di fruttosio in intermedi della glicolisi .....	392
.1 Ribosoma .....	332	12.8 Regolazione della glicolisi .....	395
10.7 Disordine proteico e patologie .....	334	.1 Fosfofruttochinasi attivata dal fruttosio 2,6-difosfato nel fegato .....	396
10.8 Strutture sopramolecolari e organelli privi di membrana .....	338		
Concetti chiave .....	342		
Lecture consigliate .....	344		

.2	Regolazione della piruvato chinasi nel fegato e nel muscolo ...	398	14.6	Corpi chetonici .....	449
12.9	Gluconeogenesi .....	399	14.7	Alterazioni patologiche del ciclo dell'acido citrico .....	452
.1	Reazioni catalizzate da enzimi diversi da quelli glicolitici .....	399	.1	Modificazioni del ciclo dell'acido citrico nelle cellule tumorali .....	452
.2	Trasformazione del piruvato in glucosio con l'utilizzo di ATP, GTP e NADH .....	403		Concetti chiave .....	455
.3	Precursori non saccaridici per la sintesi di glucosio .....	403		Lecture consigliate .....	457
12.10	Regolazione coordinata tra gluconeogenesi e glicolisi .....	405	<b>15</b>	<b>Fosforilazione ossidativa</b> .....	459
	Concetti chiave .....	408	15.1	Mitocondri: sede della fosforilazione ossidativa .....	460
	Lecture consigliate .....	410	15.2	Fosforilazione ossidativa: trasporto di elettroni e produzione di ATP .....	461
<b>13</b>	<b>Via dei pentoso fosfati</b> .....	411	15.3	Struttura e funzione della catena respiratoria .....	462
13.1	Via dei pentoso fosfati: reazioni principali .....	413	.1	Potenziale di ossidoriduzione .....	462
.1	Fase ossidativa .....	413	.2	Catena respiratoria .....	465
.2	Fase non ossidativa .....	415	.3	Complesso I: NADH-Q reductasi .....	465
13.2	Via dei pentoso fosfati: bilancio .....	418	.4	Complesso II: succinato deidrogenasi .....	467
13.3	Via dei pentoso fosfati: zuccheri particolari .....	421	.5	Complesso III: citocromo c reductasi .....	468
13.4	Funzioni del NADPH .....	422	.6	Complesso IV: citocromo c ossidasi .....	470
.1	Biosintesi riduttive .....	422	.7	Inibitori della catena respiratoria ..	472
.2	Protezione contro stress ossidativi .....	422	.8	Eliminazione dei derivati tossici dell'ossigeno .....	473
.3	Biosintesi protettive .....	424	15.4	Complesso V: ATP sintasi .....	474
.4	NADPH e sistema immunitario ...	424	15.5	Prove sperimentali a sostegno dell'ipotesi chemiosmotica .....	480
.5	Ossido nitrico .....	426	15.6	Meccanismi di trasporto degli elettroni del NADH dal citosol ai mitocondri .....	481
13.5	Via dei pentoso fosfati: patologie correlate .....	426	.1	Sistema navetta del glicerolo 3-fosfato .....	482
	Concetti chiave .....	428	.2	Sistema navetta del malato-aspartato .....	483
	Lecture consigliate .....	428	15.7	Resa energetica della fosforilazione ossidativa .....	484
<b>14</b>	<b>Ciclo dell'acido citrico</b> .....	429	15.8	ADP-ATP traslocasi .....	485
14.1	Panoramica del ciclo dell'acido citrico .....	430	15.9	Regolazione della respirazione cellulare .....	486
14.2	Complesso della piruvato deidrogenasi: catalisi della decarbossilazione ossidativa del piruvato .....	431	15.10	Termogenina e termoregolazione .....	487
.1	Regolazione del complesso della piruvato deidrogenasi .....	436		Concetti chiave .....	489
14.3	Ciclo dell'acido citrico: ossidazione di acetilCoA a CO <sub>2</sub> .....	437		Lecture consigliate .....	491
.1	Reazione complessiva del ciclo dell'acido citrico .....	442	<b>16</b>	<b>Fotosintesi</b> .....	493
.2	Regolazione del ciclo dell'acido citrico .....	444	16.1	Gli organismi viventi utilizzano diverse forme di energia .....	494
14.4	Il ciclo dell'acido citrico rifornisce di precursori altre vie metaboliche .....	445	16.2	Fotosintesi .....	494
14.5	Ciclo del glicosilato .....	447			

16.3	Interazione luce-materia .....	496	18.3	Attivazione e trasporto degli acidi grassi nei mitocondri .....	558
.1	Natura della luce .....	496	18.4	Tappe della $\beta$ -ossidazione degli acidi grassi .....	559
.2	Pigmenti e loro interazione con la luce .....	498	.1	Bilancio energetico della $\beta$ -ossidazione .....	560
.3	Fotosistemi: cattura della luce e trasformazione dell'energia luminosa in energia chimica .....	507	.2	Ossidazione degli acidi grassi insaturi .....	560
.4	Ficobilisoma: sistema antenna dei cianobatteri .....	512	.3	Ossidazione degli acidi grassi a catena dispari .....	562
.5	Interfacciare la luce con il metabolismo cellulare .....	513	18.5	Altre vie di ossidazione degli acidi grassi .....	562
16.4	Fase luminosa della fotosintesi .....	514	18.6	Sintesi dei corpi chetonici .....	563
.1	Fotofosforilazione lineare: catena di trasporto degli elettroni dall'acqua a $\text{NADP}^+$ .....	514	18.7	Biosintesi degli acidi grassi .....	564
16.5	Fotosintesi anossigenica nei batteri ....	521	.1	Fase preparatoria della biosintesi degli acidi grassi ..	565
16.6	Reazioni al buio: ciclo di Calvin-Benson-Bassham .....	522	.2	Fase iniziale della biosintesi degli acidi grassi ..	566
.1	Reazioni di carbossilazione .....	523	.3	Fase di trasferimento alla proteina trasportatrice di acili .....	567
.2	Reazioni di riduzione .....	525	.4	Fase di allungamento dell'acido grasso .....	567
.3	Reazioni di rigenerazione .....	525	18.8	Modifiche postbiosintetiche degli acidi grassi .....	568
16.7	Fotorespirazione .....	527	.1	Acidi grassi polinsaturi nell'uomo .....	570
16.8	I meccanismi di concentrazione della $\text{CO}_2$ migliorano l'efficienza fotosintetica .....	528	18.9	Regolazione della biosintesi degli acidi grassi .....	571
.1	Alghe e cianobatteri: pompe per $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ .....	528	Concetti chiave .....	572	
.2	Piante $\text{C}_4$ .....	529	Lecture consigliate .....	573	
.3	Piante CAM .....	531			
Concetti chiave .....	533				
Lecture consigliate .....	534				
<b>17</b>	<b>Metabolismo del glicogeno</b> .....	535	<b>19</b>	<b>Metabolismo degli aminoacidi</b> .....	575
17.1	Struttura del glicogeno .....	536	19.1	Turnover proteico .....	576
17.2	Degradazione del glicogeno .....	537	.1	Degradazione lisosomiale .....	576
.1	Regolazione della glicogeno fosforilasi .....	540	.2	Sistema ubiquitina-proteasoma ...	577
17.3	Sintesi del glicogeno .....	543	19.2	Digestione delle proteine della dieta ..	580
.1	Regolazione della glicogeno sintasi .....	546	19.3	Deaminazione degli aminoacidi .....	581
17.4	La sintesi e la degradazione del glicogeno sono regolate in modo coordinato .....	547	.1	Transaminazione .....	582
17.5	Glicogenosi .....	549	.2	Deaminazione ossidativa .....	583
Concetti chiave .....	552	19.4	Trasporto dell'ammoniaca al fegato e al rene .....	584	
Lecture consigliate .....	554	19.5	Ciclo dell'urea .....	587	
		.1	Reazioni del ciclo dell'urea .....	588	
		.2	Regolazione del ciclo dell'urea ....	589	
		.3	Iperammoniemia .....	590	
<b>18</b>	<b>Metabolismo degli acidi grassi</b> .....	555	19.6	Catabolismo degli scheletri carboniosi degli aminoacidi .....	591
18.1	Assorbimento, deposito e mobilizzazione dei lipidi .....	556	.1	Aminoacidi degradati a piruvato	591
.1	Lipoproteine: trasporto dei lipidi ..	556	.2	Aminoacidi degradati a ossalacetato .....	593
18.2	Mobilizzazione degli acidi grassi dai depositi metabolici .....	557	.3	Aminoacidi degradati ad $\alpha$ -chetoglutarato .....	593

.4	Aminoacidi degradati a succinilCoA .....	595	.1	Basi puriniche ossidate ad acido urico .....	628
.5	Aminoacidi degradati ad acetoacetato e/o ad acetilCoA ..	596	.2	Basi pirimidiniche ridotte ad acidi organici .....	629
.6	Aminoacidi degradati ad alanina e ad acetoacetato .....	598	20.9	Patologie connesse al metabolismo nucleotidico .....	629
.7	Aminoacidi degradati a fumarato e ad acetoacetato .....	598	.1	Influenza del metabolismo nucleotidico sulla risposta immunitaria .....	631
19.7	Biosintesi degli aminoacidi non essenziali .....	600	20.10	Cofattori e coenzimi nucleotidici .....	631
.1	Sintesi a partire da $\alpha$ -chetoacidi ...	600	.1	Cofattori contenenti nicotinamide .....	632
.2	Sintesi a partire da 3-fosfoglicerato .....	602	.2	Cofattori flavinici .....	632
19.8	Aminoacidi come precursori biosintetici .....	602	.3	Coenzima A .....	632
.1	Biosintesi dell'eme .....	602	Concetti chiave .....	636	
.2	Degradazione dell'eme .....	604	Lecture consigliate .....	637	
.3	Biosintesi delle amine biologicamente attive .....	606	<b>21 Biosintesi dei componenti lipidici delle membrane biologiche e dei loro derivati .....</b>	639	
Concetti chiave .....	608	21.1	Lipidi delle membrane biologiche .....	640	
Lecture consigliate .....	608	21.2	Sintesi dei lipidi di membrana .....	641	
<b>20 Metabolismo dei nucleotidi .....</b>	609	.1	Sintesi dei fosfogliceridi a partire dal fosfatidato, intermedio comune alla sintesi dei trigliceridi .....	641	
20.1	Assorbimento dei nucleotidi attraverso l'alimentazione .....	610	.2	Sintesi dei plasmalogeni .....	644
20.2	Biosintesi dei nucleotidi purinici .....	611	.3	Sintesi e catabolismo delle sfingomieline e dei glicolipidi .....	647
.1	Sintesi dell'inosina monofosfato ...	611	.4	Sintesi del colesterolo .....	651
.2	Da inosina monofosfato ad adenosina e guanosina monofosfato .....	615	.5	Sintesi di esteri del colesterolo ....	658
.3	Regolazione della biosintesi purinica .....	617	.6	Sintesi degli acidi biliari .....	659
20.3	Biosintesi dei nucleotidi pirimidinici ..	618	21.3	Trasferimento di lipidi da un monostrato all'altro delle membrane .....	661
.1	Sintesi dell'orotato .....	618	21.4	Trasporto intracellulare di lipidi di membrana .....	662
.2	Da orotato a uridina monofosfato .....	619	.1	Trasporto per vescicolazione .....	663
.3	Da uridina monofosfato a citidina trifosfato .....	620	.2	Trasferimento di lipidi mediante contatto diretto tra le membrane di compartimenti diversi .....	666
.4	Regolazione della biosintesi pirimidinica .....	621	.3	Goccioline lipidiche .....	668
20.4	Nucleotidi di- e trifosfati derivati da fosforilazioni successive dei composti monofosfati .....	621	21.5	Ruolo ormonale o di secondo messaggero di alcuni derivati dei lipidi di membrana .....	669
20.5	Sintesi dei desossiribonucleotidi .....	622	.1	Sintesi degli ormoni steroidei .....	669
.1	Regolazione dell'enzima ribonucleotide reductasi .....	623	.2	Secondi messaggeri provenienti da fosfolipidi e sfingomieline .....	673
20.6	Sintesi della timina .....	624	21.6	Lipidi di membrana e ciclo cellulare .....	678
.1	Timidilato sintetasi e diidrofolato reductasi: bersagli della terapia mirata dei tumori .....	625			
20.7	Riciclo dei nucleotidi .....	626			
20.8	Catabolismo delle basi azotate .....	627			

21.7	Grassi alimentari e biochimica delle membrane biologiche .....	678	.1	Fegato .....	702
	Concetti chiave .....	681	.2	Muscolo scheletrico .....	703
	Lecture consigliate .....	683	.3	Tessuto adiposo .....	705
<b>22</b>	<b>Integrazione tra le diverse vie metaboliche</b> .....	<b>685</b>	.4	Cervello .....	706
22.1	Regolazione delle diverse vie metaboliche.....	686	22.7	Adattamenti metabolici .....	706
22.2	Metabolismo dei glucidi .....	690	.1	Stato di post-assorbimento o di alimentazione adeguata .....	706
22.3	Metabolismo dei lipidi .....	694	.2	Stato iniziale di digiuno .....	708
22.4	Metabolismo degli aminoacidi .....	697	.3	Stato di digiuno prolungato e diabete .....	709
22.5	Nodi metabolici importanti .....	700		Concetti chiave .....	711
22.6	Differenze tra organi e integrazione del metabolismo .....	701		Lecture consigliate .....	713
			<b>Indice analitico</b> .....		<b>715</b>