

# **LE BASI MOLECOLARI DELLA NUTRIZIONE**

## Dello stesso Editore

- Addonisio – Invecchiamento cutaneo.  
Patogenesi, clinica e terapia
- Brunetti/Santeusano – Malattie delle ghiandole endocrine, del metabolismo e della nutrizione
- Cabras/Martelli – Chimica degli alimenti
- Cabras/Tuberoso – Analisi dei prodotti alimentari
- Cataliotti – Manuale di chirurgia pediatrica
- Chiaranda – Guida illustrata delle emergenze.  
Con DVD interattivo multimediale (II ed.)
- Clay/Pounds – Fondamenti clinici della massoterapia
- Cozzani – Alimentazione e salute
- Cozzani/Dainese – Biochimica degli alimenti e della nutrizione
- Evangelisti/Restani – Prodotti dietetici.  
Chimica, tecnologia ed impiego
- Ferrara – Terapia sclerosante ed elastocompressiva delle flebopatie
- Fitzpatrick – Manuale e Atlante di dermatologia clinica
- Foye/Lemke/Williams/Roche/Zito – Principi di chimica farmaceutica
- Franchini/Pisano – Nuove acquisizioni teorico-pratiche nell'alimentazione del bambino
- Garrett/Grisham – Biochimica
- Gigliotti/Verga – Biotecnologie alimentari
- Kamina – Atlante di anatomia
- Katzung/Masters/Trevor – Farmacologia Generale e Clinica
- Kisner/Colby – Esercizio terapeutico.  
Fondamenti e tecniche
- Manuale di Segni & Sintomi
- Massirone – Trattato di medicina estetica
- Mathews – Biochimica
- McMurry – Chimica organica
- Nicolai – Curarsi con l'alimentazione
- Nizzoli – Valutazione ed efficacia dei trattamenti del comportamento alimentare
- Olímpio – Anatomia palpatoria funzionale
- Petrucci/Herring/Madura/Bissonnette – Chimica generale
- Pontieri/Russo/Frati – Patologia generale e fisiopatologia generale
- Pulcini – Una vita a strati uniti. Il nutrimento e l'esercizio fisico per stare meglio oggi e domani
- Raimondi – La nutrizione nello sport
- Rohen/Yokochi/Lütjen-Dreccoll – Atlante fotografico a colori di anatomia
- Rubin – Anatomia patologica e Patologia generale (2 voll.)
- Saladin – Anatomia e fisiologia
- Saladin – Anatomia Umana
- Siliprandi/Tettamanti – Biochimica medica. Strutturale, Metabolica e Funzionale
- Stamegna - La cellulite. Basi fisiopatologiche e terapia medica di body contouring
- Tedeschini – Manuale dietetico per l'autoregolazione del peso corporeo
- Thaler – L'unico libro sull'ECG di cui avrai bisogno
- Wade – Fondamenti di chimica organica
- Zangara/Zangara/Koprivec – Dietologia. Alimenti - Alimentazione nel sano e nel malato - Integratori alimentari
- Ziegler – Conoscenze attuali in nutrizione
- Collana di DVD di medicina cinese
1. Il trattamento dell'obesità in medicina cinese
  2. Il trattamento delle irregolarità mestruali in medicina cinese
  3. Il trattamento della sciatica in medicina cinese
  4. La palpazione in medicina cinese
  5. Tui Na nella spondilosi cervicale
  6. Tui Na nelle lesioni dei tessuti molli della spalla
  7. Tui Na nelle più comuni malattie pediatriche
  8. Tui Na nelle lombosciatalgie
  9. Tui Na in medicina interna
  10. Agopuntura e moxibustione per l'endometriosi
  11. Agopuntura in dermatologia
  12. Agopuntura per la dismenorrea
  13. Agopuntura per la cefalea
  14. Agopuntura per la rinite allergica
  15. Tecniche di agopuntura 1: tecniche di manipolazione degli aghi
  16. Tecniche di agopuntura 2: tecniche aggiuntive
  17. Tecniche di maxibustione e coppettazione

**GIUSEPPE ARIENTI**

**LE BASI MOLECOLARI  
DELLA NUTRIZIONE**

**Quarta edizione**

**PICCIN**

Tutti i diritti sono riservati

È vietata per legge la riproduzione in fotocopia e in qualsiasi altra forma.

È vietato riprodurre, archiviare in un sistema di riproduzione o trasmettere sotto qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, per fotocopia, registrazione o altro, qualsiasi parte di questa pubblicazione senza autorizzazione scritta dell'Editore.

Ogni violazione sarà perseguita secondo le leggi civili e penali.

ISBN 978-88-299-2698-5

Stampato in Italia

---

© 2015, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova

# Prefazione alla quarta edizione

Quando il dottor Piccin mi propose di scrivere una quarta edizione di questo libro, accettai ben volentieri. Tuttavia, passati diversi anni dalle edizioni precedenti, mi sono trovato in un mare tempestoso. Non ci voleva molta fatica a capire che molti dati e molte idee sulla biochimica della nutrizione erano cambiati. Ho dovuto quindi rivedere quanto avevo precedentemente scritto. I capitoli sono stati mantenuti il più possibile nell'ordine in cui erano stati presentati nella terza edizione mentre il materiale in loro contenuto è stato riveduto.

In questi ultimi anni, l'aspetto della regolazione metabolica è stato studiato in maniera profonda, anche grazie ai notevoli progressi della biologia molecolare. Ne sono venute fuori alcune idee di fondamentale importanza che impegneranno la ricerca anche in futuro. Mi riferisco, soprattutto, alla capacità dei nutrienti di regolare l'espressione genica: la scoperta di questi fatti ha svelato un tessuto di regolatori che si unisce e si integra a quanto già si sapeva sulla regolazione intracellulare per mezzo di metaboliti e sulla regolazione da parte di ormoni. In altri termini, l'organismo è in grado di riprogrammarsi in relazione ai nutrienti assunti.

Molta ricerca si sta facendo sugli alimenti in relazione ai possibili benefici sulla salute, oltre al ruolo di fornire energia e nutrienti. Queste indagini sono ancora ai loro inizi e si presentano come molto impegnative, a causa dell'elevatissimo numero delle molecole da esaminare e degli effetti a lungo termine. Sotto certi punti di vista, ci troviamo oggi di fronte a queste tematiche nella situazione cui si trovavano gli scopritori dei ruoli delle vitamine un secolo fa.

Il campo della biochimica nutrizionale è stato uno di quelli che si è sviluppato in maniera più grande; ciò non stupisce, date le relazioni profonde tra nutrizione, alimentazione e medicina preventiva. Le aspettative della gente sono molte: ci si attende dalla scienza che ci siano indicati quali cibi consumare con la sicurezza di prevenire effetti indesiderati o tossici e di evitare quelli dannosi. Molto spesso, le risposte scientifiche sono soltanto frammentarie e parziali. La ricerca richiede molto tempo e molto denaro.

Spero, che l'opera possa essere gradita a molti e che lo sforzo (notevole) di aggiornamento che è stato qui compiuto sia un pochino apprezzato. Affido, quindi, questo testo ai miei lettori.

Perugia, ottobre 2015

# Prefazione alla prima edizione

*“...l'uomo non può vivere soltanto di pane...” Dt 8,3*

Ho messo, come motto iniziale di questo libro, una frase del Deuteronomio (l'uomo non può vivere di solo pane” Dt 8,3). È evidente che il testo biblico sottolinea la prevalenza della spiritualità dell'uomo sugli aspetti puramente materiali.

Oggi, questa frase può essere rielaborata in molti modi diversi, ma continua a conservare la sua verità. Se la nutrizione è un aspetto importante e irrinunciabile per il benessere dell'uomo, non si può né si deve dimenticare quanto possano incidere sulla stessa nutrizione situazioni di emarginazione, di povertà, di abbandono e di mancanza di motivazioni verso la vita. Ciò mi porta a riflettere sulla frase biblica. Sì, non di solo pane vive l'uomo e non solo perché la varietà dei cibi è necessaria al suo benessere, non solo perché la parte spirituale non deve essere soffocata dalla pura e semplice ricerca dei beni materiali, ma anche perché se non vi è lo spirito umano, non è possibile nutrire l'uomo nemmeno materialmente, come troppe volte si vede e si percepisce.

Gli anziani abbandonati, gli emarginati, i drogati hanno sicuramente dei problemi nutrizionali e hanno veramente bisogno del pane ma, proprio in questi, si vede come il solo pane non basti. Nell'affrontare problemi come la malnutrizione e i suoi effetti sui bambini ho provato pena e angoscia. Quanto è diverso il mondo di molecole che costituisce la macchina umana dal volto di un bambino che soffre!

La nutrizione è un campo in cui ho potuto avvicinare queste considerazioni umane al mondo biologico dei miei studi. Ancora oggi, dopo tanti anni, la vita non cessa di meravigliarmi. La materia vivente è un mondo chimico così straordinariamente complesso che nessun chimico serio vi crederebbe se non fosse un vivente egli stesso. Non so dire in quale misura gli aspetti scientifici e quelli umani abbiano giocato nel farmi apprezzare il campo della nutrizione. Certo, quando un ragazzo intuisce in quali e quante maniere sorprendenti e ingegnose i viventi riescono a gestire l'energia e la materia del mondo non vivente che li circonda, gli è difficile poi dimenticarsene e guardare altrove.

La biochimica c'insegna come interpretare la vita in senso molecolare ed è avvincente il vedere come il vivente giochi con le leggi della chimica e della fisica come gli uccelli con il vento. Ciò che sembra impossibile diventa realtà sotto i nostri occhi. Il fascino della nutrizione sta anche nella scoperta di questo gioco senza fine che ci tiene tutti in vita con la forza impalpabile di un raggio di sole.

L'interesse non è limitato al campo meramente speculativo. Infatti, la nutrizione è intimamente connessa al benessere dell'uomo e non si può parlare di buona salute se la nutrizione non è adeguata. Per questo, la nutrizione deve essere vista in senso preventivo, ma non mancano certamente gli aspetti curativi e l'uso di prescrizioni dietetiche è vecchio quanto l'uomo.

Questo libro vorrebbe fornire le basi biochimiche necessarie per interpretare le situazioni nutrizionali che si possono presentare nella pratica quotidiana. Insomma, vorrebbe essere una

specie di *trait-d'union* tra la biochimica e la patologia o la nutrizione clinica. Per questo, una delle difficoltà maggiori incontrate nello scrivere è stata la scelta del materiale da inserirvi. Se questa difficoltà è vera per tutti gli autori e per tutti i libri è particolarmente vera per un'opera come questa che affronta un soggetto particolare. Infatti, un po' tutti gli argomenti di biochimica hanno risvolti nutrizionali e, d'altronde, non potevo ripetere in questo volume di carattere specialistico, ciò che già si trova in testi di biochimica e di fisiologia. Le ragioni di ciò sono ovvie. Ottimi trattati di queste materie già esistono in commercio e il tentativo d'emularli mi pare inutile e inopportuno. D'altronde, si doveva pure, in qualche modo, introdurre il lettore a quei concetti basilari che potessero permettere la comprensione degli aspetti più specificamente nutrizionali. Per questo, taluni capitoli che si trovano molto ben sviluppati nei libri di biochimica, sono qui soltanto accennati, mentre un'enfasi molto maggiore è concessa agli aspetti di regolazione e di utilizzazione dei nutrienti. Nello scrivere, mi sono dovuto presto rendere conto che operare certe scelte è molto difficile e il tentativo di giustificarle avrebbe richiesto un altro libro. Per carità! Come diceva il Manzoni, di libri ne basta uno alla volta, quando non ne è di troppo.

Il lavoro è diviso idealmente in più parti. Dapprima, affronto questioni di carattere molto generale, come la termodinamica e la sua applicazione ai viventi, il metabolismo e la sua logica, i nutrienti e i loro bisogni. Passo quindi a considerare un'introduzione al metabolismo e alla sua regolazione, per esaminare quali siano le regole generali cui tutta la materia vivente ubbidisce. Poi esamino i macronutrienti capaci di donare energia e presento la regolazione dell'utilizzazione e le caratteristiche metaboli-

che di ciascuno. Dopo ciò, considero i minerali e le vitamine. Cambiando punto di vista, prendo successivamente in esame alcune particolari situazioni fisiologiche.

Devo confessare che uno dei momenti più difficili è stato quello in cui ho dovuto decidere quando smettere di scrivere. Infatti, gli argomenti sono un po' come le ciliegie del proverbio: uno tira l'altro. Così facendo, mi sarei però troppo spostato verso tematiche di patologia, di dietologia e di dietoterapia che non era mia intenzione includere in questo volume. Perciò ho cercato un atterraggio di fortuna e ho posto la conclusione dopo i capitoli dedicati a particolari situazioni fisiologiche e allo sport, senza affrontare alcuni argomenti interessanti per i loro risvolti nutrizionali come il diabete, l'immunità, la relazione tra alimentazione e tumori, e così di seguito. Sono convinto che alcuni penseranno che avrei dovuto includere anche questi capitoli, altri saranno persuasi che avrei dovuto escluderne anche altri che ho invece incluso e, temo, qualche altro penserà che avrei fatto meglio a escluderli tutti e non iniziare nemmeno a scrivere queste faticate carte. Nella speranza che questi ultimi non siano una maggioranza, affido il manoscritto all'Editore e il lavoro ai Lettori.

Sono certo che il lettore attento troverà degli errori e ciò, credo, è vero per tutti i testi. Tuttavia, mi auguro che questo libro serva a coprire un campo del sapere oggi più che mai in espansione, fornendo al lettore le basi biochimiche necessarie. Non so ancora se questo tentativo avrà successo; secondo me, un successo anche parziale sarebbe un risultato notevole.

L'Autore

Perugia, aprile 1995

# Principali abbreviazioni e acronimi

|                 |   |        |  |
|-----------------|---|--------|--|
| AA              | Acido arachidonico  | BMI    | Body mass index (vedi IMC)   |
| ABCA1           | ATP-binding cassette transporter A1 (trasportatore A1 a cassetta legante l'ATP)                         | BMR    | Basal metabolic rate (metabolismo basale)  |
| ac              | Acido   | BSEP   | Bile salt export pump (pompa per l'esportazione dei sali biliari)  |
| ACTH            | Ormone corticotropo   | BV     | Biological value (valore biologico)  |
| ADH             | Adiuretina  | cAMP   | AMP ciclico  |
| ADP             | Adenosina difosfato   | CBP    | Proteina legante il CREB   |
| AI              | Adequate intake (assunzione adeguata)   | CDP    | Citidina difosfato   |
| ALA             | Amminolevulinato sintasi  | CETP   | Cholesterol ester transfer protein (proteina capace di trasferire gli esteri di colesterolo)             |
| ALT             | Alanina amminotrasferasi  |        |  |
| AMDR            | Acceptable macronutrient distribution range (ambito di distribuzione accettabile di macronutrienti)     | cGMP   | GMP ciclico  |
| AMP             | Adenosina monofosfato (ac adenilico)  | CHD    | Coronary heart disease (malattia cardiaca coronarica)  |
| Apo             | Apolipoproteina   | ChRE   | Carbohydrate responsive element (elemento di risposta ai carboidrati)                                    |
| AR              | Average requirements (fabbisogno medio)   | ChREBP | Carbohydrate responsive element binding protein (proteina legante l'elemento di risposta ai carboidrati) |
| ART             | ADP-ribosiltrasferasi   |        |  |
| ATP             | Adenosina trifosfato  | CoA    | Coenzima A   |
| ATPasi          | ATP fosfoidrolasi   | CoQ    | Coenzima Q (ubichinone)  |
| BCCA            | Branched-chain aminoacids (amminoacidi a catena ramificata)   | COX    | Ciclossigenasi   |
| BCKA            | Branched-chain ketoacids (chetoacidi a catena ramificata)   | CMP    | Citidina fosfato   |
| BCKDH           | Branched-chain ketoacid dehydrogenase (complesso della deidrogenasi dei chetoacidi a catena ramificata) | CP     | Creatina fosfato   |
| BH <sub>4</sub> | Tetraidrobiopterina   | CPK    | Creatine phosphokinase (creatina fosfochinasi)   |
| bp              | Coppia di basi (nel DNA)  | CPS1   | Carbammilfosfato sintetasi 1   |
| BEE             | Basal energy expenditure (metabolismo basale estrapolato alle 24 ore)                                   | CRABP  | Cellular retinoic acid binding protein (proteina cellulare legante l'ac retinoico)                       |
| BGP             | Osteocalcina  | CRALBP | Cellular retinaldehyde binding protein (proteina cellulare legante il retinale)                          |
|                 |   | CRBP   | Cellular retinol binding protein (proteina cellulare legante il retinolo)                                |



|        |   |              |  |
|--------|---|--------------|--|
| CRE    | cAMP-responsive elements (elemento di risposta al cAMP)   | ER           | Reticolo endoplasmatico  |
| CREBP  | CRE binding protein (proteina legante il CRE)   | ES           | Errore standard  |
| CRH    | Ormone ipotalamico rilasciante l'ormone adrenocorticotropo  | FABP         | Fatty acid binding protein (proteina legante gli acidi grassi)               |
| CT     | Calcitonina   | FAD          | Flavin adenin dinucleotide   |
| CTP    | Citidina trifosfato   | FAT          | Fatty acid translocase (trasportatore degli acidi grassi)                    |
| CYP    | Superfamiglia dei geni che codificano per idrossilasi dipendenti dal cit P <sub>450</sub> . Il primo numero arabo indica la famiglia, la lettera la sottofamiglia e il secondo numero arabo il gene specifico | FATP         | Fatty acid transport protein (proteina trasportatrice di acidi grassi)       |
| CYP27  | Sterol-27 hydroxylase (sterolo 27-idrossilasi)  | FFA          | Free fatty acids (acidi grassi liberi)                                       |
| CYP3A  | Cytochrome P <sub>450</sub> 3A (citocromo p4503A)   | FIGLU        | Formimminoglutammato   |
| CYP7A1 | Cholesterol 7 $\alpha$ -hydroxylase (colesterolo 7 $\alpha$ -idrossilasi)   | FMN          | Flavin adenin mononucleotide   |
| DAG    | Diacilglicerolo   | FR           | Folate receptor  |
| DBP    | Vitamin D binding protein (proteina legante la vit D)   | FSH          | Follicle stimulating hormone (ormone follicolo stimolante)                   |
| DCP    | Des- $\gamma$ -carbossi protrombina   | FXR          | Farnesol X receptor (recettore X per il farnesolo)                           |
| DHA    | Docosaesaenoato   | GABA         | $\gamma$ -amminobutirrato  |
| DHPR   | Deidropiridina  | GDP          | Guanosina fosfato  |
| DIT    | Diiodotirosina  | GH           | Growth hormone (ormone della crescita)                                       |
| DMT    | Divalent metal transporter (trasportatore di metalli divalenti)   | GHIH         | Somatostatina  |
| DRI    | Dietary reference intake (assunzioni giornaliere di riferimento)  | GHRH         | Ormone ipotalamico rilasciante il GH   |
| DXA    | Dual-energy X-ray absorption  | GIP          | Peptide gastroinibitorio   |
| EAR    | Estimated average requirements (bisogno medio stimato)  | Gla          | Carbossiglutammato   |
| EER    | Estimated energy requirements (bisogno stimato di energia)  | GLK-1        | Glucagon-like peptide 1 (peptide 1 simile al glucagone)                      |
| EFT    | Electron-transferring flavoprotein (flavoproteina trasferente elettroni)  | GLUT         | Glucose transporters (trasportatori di glucosio)                             |
| EGH    | Epidermal growth factor (Fattore di crescita dell'epidermide)   | GMP          | Guanosina monofosfato  |
| EM     | Equivalenti metabolici - multipli del dispendio energetico a riposo corrispondenti a un consumo di ossigeno pari a 3,5 ml.kg <sup>-1</sup> di peso corporeo.min <sup>-1</sup> .                               | GnRH         | Ormone ipotalamico rilasciante le gonadotropine                              |
| EPA    | Eicosapentaenoato   | GSHPx        | Glutatione perossidasi   |
| EPO    | Eritropoietina  | GTP          | Guanosina trifosfato   |
| EPOC   | Excess post-exercise oxygen consumption (consumo extra di ossigeno legato all'esercizio)  | Hb           | Emoglobina   |
|        |   | HDL          | High-density lipoproteins (lipoproteine a densità alta)                      |
|        |   | HMB          | $\beta$ -idrossi- $\beta$ -metil butirrato                                   |
|        |   | HMG-CoA      | 3-idrossi-3-metilglutaril-CoA  |
|        |   | HNF          | Fattore nucleare degli epatociti (Hepatocyte nuclear factor)                 |
|        |   | HPETE        | Idrossiperossieicosapentaenoato  |
|        |   | HRE          | Hormone responsive elements (tratto di DNA capace di rispondere agli ormoni) |
|        |   | IDD          | Iodine deficiency disorders (disordini da deficienza iodica)                 |
|        |   | IGF          | Insulin-like growth factor (fattore di crescita insulinosimile)              |
|        |   | IL           | Interleuchina  |
|        |   | IL-1 $\beta$ | Interleuchina 1- $\beta$   |

|                 |  |                |  |
|-----------------|--|----------------|--|
| IMC             | Indice di massa corporea   | MCT            | Medium-chain triacylglycerol (triacylglyceroli con acidi grassi a catena media)                    |
| IMP             | Inosina monofosfato  | MeAIB          | Metilamminoisobutirrato  |
| imTG            | Triacilgliceroli intramuscolari  | MET            | Metabolic equivalents (vedi EM)  |
| IP <sub>3</sub> | Inositolo 1,4,5-trisfosfato  | MFT            | Fattore che si lega all'elemento di risposta dei metalli   |
| IRE             | Iron responsive elements (elementi di risposta al ferro)   | MGF            | Mechanical growth factor (Fattore meccanico di crescita)   |
| IREBP           | Iron responsive elements binding protein (proteina che si lega agli elementi di risposta al ferro) | MIT            | Monoiodotirosina   |
| I-κB            | Inibitore κB   | MK-0           | Menadione (vit K <sub>3</sub> )  |
| JAK             | Chinasi Janus  | MK-n           | Menachinone-n (vit K <sub>2</sub> )  |
| LA              | Linoleato  | MMP            | Metalloproteinasi della matrice (Matrix metalloproteinases)  |
| LAF             | Livello di attività fisica   | MRE            | Metabolic responsive element (elemento di risposta metabolica)                                     |
| LCA             | Lithocholic acid (litocolato)  | MSH            | Ormone melanocita stimolante   |
| LCAT            | Lecithin:cholesterol acyltransferase (lecitina:colesterolo aciltrasferasi)                         | MT             | Metallotioneina  |
| LCFA            | Long chain fatty acids (acidi grassi a catena lunga)   | mTOR           | Mammalian target of rapamycin (bersaglio della rapamicina nei mammiferi)                           |
| LCT             | Long-chain triacylglycerol (triacylgliceroli con acidi grassi a catena lunga)                      | MUFA           | Acidi grassi monoinsaturi  |
| LDL             | Low-density lipoproteins (lipoproteine a densità bassa)  | NAD            | Nicotinammide adenina dinucleotide   |
| LH              | Luteinizing hormone (ormone luteinizzante)   | NF-γ           | Fattore nucleare γ   |
| LOAEL           | Lowest observed adverse effect level (livello più basso osservato di effetti avversi)              | NF-κB          | Fattore nucleare κB  |
| 5LO             | 5-lipossigenasi  | NMR            | Nuclear magnetic resonance (risonanza magnetica nucleare)  |
| LPL             | Lipoprotein lipase (lipasi lipoproteica)   | NOAEL          | No observed adverse effect level (livello per cui non si osservano effetti tossici)                |
| LRAT            | Lecithin:retinol acyltransferase (lecitina:retinolo aciltrasferasi)                                | NOS            | Nitric oxide synthase (NO sintasi)   |
| LRH-1           | Liver receptor homolog-1 (omologo 1 del recettore epatico)   | NPD1           | Neuroprotettina 1  |
| LRNI            | Lower reference nutrient intake (livello di riferimento basso dell'apporto di nutrienti)           | NPT            | Nutrizione parenterale totale  |
| LT              | Leucotriene  | NPU            | Net protein utilization (utilizzo proteico netto)  |
| LXR             | Recettore epatico X (liver X receptor)   | NTCP           | Sodium taurocholate cotransporting polypeptide (polipeptide del cotrasporto di taurocolato sodico) |
| LXRE            | Elemento della risposta dello LXR (LXR response element)   | OATP           | Organic anion transporting polypeptide (polipeptide del trasporto degli anioni organici)           |
| Mb              | Mioglobina   | PAL            | Physical activity level (vedi LAF)   |
| MCFA            | Medium chain fatty acids (acidi grassi a catena media)   | PAPS           | 3'-fosfoadenosil-5'-fosfosolfato   |
| MCP-1           | Monocyte chemoattractant protein 1 (Proteina di chemoattrazione dei monociti, tipo 1)              | PARP           | Poli(ADP-ribosio)polimerasi  |
| MCT             | Monocarboxylate transporters (trasportatori di acidi monocarbossilici)                             | PDH            | Piruvato deidrogenasi  |
|                 |  | PER            | Protein efficiency ratio (rapporto di efficienza proteica)   |
|                 |  | PG             | Prostaglandina   |
|                 |  | PGI            | Prostaciclina  |
|                 |  | P <sub>i</sub> | Fosfato inorganico   |
|                 |  | PIP            | Fosfatidilinositolo fosfato  |

|                  |   |                |   |
|------------------|---|----------------|---|
| PIP <sub>1</sub> | Fosfatidilinositolo bisfosfato  | RES            | Richiesta energetica stimata  |
| PIP <sub>2</sub> | Fosfatidilinositolo trisfosfato   | RMR            | Resting metabolic rate (metabolismo a riposo)   |
| PKA              | Proteina chinasi A  | RNI            | Reference nutrient intake (apporto di riferimento di nutrienti)                               |
| PKC              | Proteina chinasi C  | ROS            | Reactive oxygen species (specie reattive dell'ossigeno)                                       |
| PLP              | Piridossale fosfato   | RXR            | Retinoid X receptor (recettore X per i retinoidi)   |
| PLTP             | Phospholipid transfer protein (proteina che trasferisce i fosfolipidi)  | RyR1           | Ryanodine receptor (recettore per la rianodina)   |
| PPAR             | Recettore per il proliferatore dei perossisomi (Peroxisome proliferator receptor)   | S              | Svedberg (coefficiente di sedimentazione, s <sup>-1</sup> )                                   |
| PPRE             | Elemento di risposta del PPAR   | SAMe           | S-adenosilmetionina   |
| PQQ              | Pirrolo chinolin chinone  | SCAP           | Cleavage activating protein (proteina attivatrice per scissione)                              |
| PRC              | Prolattina  | SCPx           | Sterol carrier protein x (proteina x trasportatrice di steroli)                               |
| PRI              | Assunzione di riferimento per la popolazione (Population reference intake)  | SDT            | Obiettivo nutrizionale per la prevenzione (Suggested dietary target)                          |
| PTH              | Paratormone   | SGLT           | Sodium glucose transportes (trasportatori di sodio e glucosio)                                |
| PUFA             | Polyunsaturated fatty acids (acidi grassi polinsaturi)  | SH2            | Sequenza SH2  |
| PXR/SXR          | Rodent pregnane X receptor/human steroid and xenobiotic receptor (recettore X per il pregano nei roditori/recettore umano per gli steroidi e gli xenobiotici) | SHP            | Small heterodimer partner (partner eterodimerico piccolo)                                     |
| RAE              | Retinol activity equivalents (equivalenti di attività retinolica)   | SMVT           | Sodium-dependent multivitamin transporter (trasportatore multivitaminico dipendente da sodio) |
| RAR              | Retinoid acid receptor (recettore per l'ac retinoico)   | SOCC           | Store-operated calcium channels (canali del calcio azionati dai depositi)                     |
| RARE             | Retinoic acid responsive element (elemento di risposta all'ac retinoico)  | snRNP          | Small nuclear ribonucleotides (piccoli ribonucleotidi nucleari)                               |
| RARX             | Retinoid X responsive element (elemento di risposta al retinoide X)   | SRBP           | Signal recognition protein (proteine di riconoscimento del segnale)                           |
| RCFT             | Proton-coupled folate transporter   | SRE            | Sterol regulatory element (elemento capace di rispondere agli steroidi)                       |
| REE              | Retinol equivalents (Equivalenti di retinolo)   | SREBP          | Sterol regulatory-element-binding protein (proteina capace di legarsi allo SRE)               |
| RXR              | Retinoid X receptor (recettore per il retinoide X)  | SVCT           | Sodium-dependent vitamin C transporter (trasportatore sodio-dipendente di vit C)              |
| RBP              | Retinol binding protein (proteina legante il retinolo)  | T <sub>3</sub> | Triiodotironina   |
| RCT              | Reverse cholesterol transport (trasporto inverso di colesterolo)  | T <sub>4</sub> | Tetraiodotironina (tiroxina)  |
| RDA              | Recommended dietary allowance (razione giornaliera raccomandata)  | TAC            | Tomografia assiale computerizzata   |
| RFC              | Reduced folate carrier  | TAF            | TBP associate factors (fattori associati al TBP)  |
| RE               | Retinolo-equivalenti  |                |   |
| RE               | Response element (elemento di risposta)   |                |   |
| REE              | Resting energy expenditure (Metabolismo a riposo estrapolato alle 24 ore)   |                |   |

|      |  |      |   |
|------|--|------|---|
| TBG  | Thyroxine binding globulin<br>(globulina legante la tirossina)                               | UI   | Unità internazionale  |
| TBP  | TATA binding protein   | UL   | Tolerable upper intake level<br>(livello massimo tollerabile)                           |
| TC   | Transcobalammina   | UDP  | Uridina difosfato   |
| TEE  | Total energy expenditure<br>(Consumo totale di energia)                                      | UMP  | Uridina monofosfato   |
| THF  | Tetraidrofolato  | UTP  | Uridina trifosfato  |
| TIBC | Total iron binding capacity<br>(capacità totale di legare il ferro)                          | VDR  | Vitamin D receptor (recettore per<br>la vit D)  |
| TIMP | Inibitori tissutali delle<br>metallo proteinasi (tissue<br>inhibitors of metalloproteinases) | VEGF | Vascular endothelial growth factor<br>(fattore di crescita degli endoteli<br>vascolari) |
| TNF  | Fattore di necrosi tumorale<br>(Tumor necrosis factor)                                       | VHDL | Very high density lipoproteins<br>(lipoproteine a densità molto alta)                   |
| TPP  | Tiamina pirofosfato  | vit  | Vitamina  |
| TRH  | Ormone ipotalamico rilasciante<br>l'ormone tireotropo  | VLDL | Very low density lipoproteins<br>(lipoproteine a densità molto<br>bassa)                |
| TSH  | Ormone tireostimolante   | WHO  | World health organization<br>(Organizzazione mondiale della<br>sanità - OMS)            |
| TTR  | Thyroxin binding globulin<br>(transiteretina)  |      |   |
| TX   | Trombossano  |      |   |

# Note per il lettore

Il contenuto di questo volume è idealmente diviso in diverse sezioni. Dapprima pongo alcuni capitoli introduttivi che richiamano brevemente alcune notizie di base che non possono essere ignorate. In alcuni casi, ciò è fatto per sommi capi, in altri (quelli di più rilevante interesse nutrizionale, come la composizione corporea, gli standard nutrizionali, ecc.) mi diffondo maggiormente.

Passo poi a visitare il metabolismo e la sua regolazione. Rispetto all'edizione precedente amplio la parte dedicata alla biologia molecolare e al meccanismo di azione degli ormoni. In seguito, esamino le vie metaboliche per poi passare alla discussione dei micronutrienti e ai ruoli biochimici e fisiologici. Termino considerando alcuni aspetti biochimico-funzionali come il digiuno, l'attività fisica, ecc.

Ho preferito aggiungere la bibliografia al termine di ciascun capitolo piuttosto che alla fine perché ho pensato che ciò fosse più comodo. Una breve passeggiata in Internet mette a disposizione di chiunque e in tempi brevissimi una quantità enorme di materiale bibliografico. L'espansione della ricerca avvenuta negli ultimi decenni ha determinato un aumento notevole dei lavori pubblicati. Ho scelto di citare soltanto alcuni lavori lasciando non citati molti altri. Innanzitutto cito i documenti delle agenzie internazionali, come la FAO, l'OMS e l'ONU. Cito anche documenti nazionali (o internazionali) di notevole rilievo, come le tabelle di assunzione di riferimento di nutrienti. Una gran parte di questo materiale è scaricabile (spesso gratuitamente) dalla rete. Infine cito alcuni lavori per interesse storico o perché particolarmente significativi.

Oltre ai lavori citati, ha consultato molti manuali di diverse materie, alcuni italiani, altri stranieri. Faccio presente che nuovi libri escono in continuazione nel mondo e, spesso in traduzione, anche in Italia.

Le "Basi molecolari della nutrizione" sono centrate soprattutto sugli aspetti biochimici e fisiologici. Gli aspetti tipicamente nutrizionali (assunzioni di riferimento) e i risvolti medici e clinici sono utilizzati essenzialmente come mezzi per capire i primi e/o come esempi. Per questo, invito i lettori a rivolgersi anche ad altre pubblicazioni (come le tabelle pubblicate da varie agenzie) e a opportuni testi di medicina e di clinica.

Spero che questo libro possa essere utile alla comprensione di tematiche nutrizionali a livello molecolare. I lettori interessati agli aspetti clinici e terapeutici dovranno anche utilizzare opere che affrontino gli aspetti della patologia e della terapia che qui sono affrontati soltanto per cenni.

# Appendici

## Alfabeto greco

| Lettera greca | Nome greco | Equivalente latino |
|---------------|------------|--------------------|
| A, α          | alfa       | A, a               |
| B, β          | beta       | B, b               |
| Γ, γ          | gamma      | G, g               |
| Δ, δ          | delta      | D, d               |
| E, ε          | epsilon    | Ē, ě               |
| Z, ζ          | zeta       | Z, z               |
| H, η          | eta        | Ē, ē               |
| Θ, θ          | theta      | Th, th             |
| I, ι          | iota       | I, i               |
| K, κ          | kappa      | K, k               |
| Λ, λ          | lambda     | L, l               |
| M, μ          | mu         | M, m               |
| N, ν          | nu         | N, n               |
| Ξ, ξ          | xi         | X, x               |
| O, ο          | omicron    | Ō, ō               |
| Π, π          | pi         | P, p               |
| P, ρ          | rho        | R, r               |
| Σ, σ          | sigma      | S, s               |
| T, τ          | tau        | T, t               |
| Υ, υ          | upsilon    | Y, y               |
| Φ, φ          | phi        | Ph, ph             |
| X, χ          | chi        | Ch, ch             |
| Ψ, ψ          | psi        | Ps, ps             |
| Ω, ω          | omega      | Ō, ō               |

## Tabella dei multipli e dei sottomultipli

| Multipli |         |                  | Sottomultipli |         |                   |
|----------|---------|------------------|---------------|---------|-------------------|
| Nome     | Simbolo | Fattore          | Nome          | Simbolo | Fattore           |
| Exa      | E       | 10 <sup>18</sup> | Milli         | m       | 10 <sup>-3</sup>  |
| Peta     | P       | 10 <sup>15</sup> | Micro         | μ       | 10 <sup>-6</sup>  |
| Tera     | T       | 10 <sup>12</sup> | Nano          | n       | 10 <sup>-9</sup>  |
| Giga     | G       | 10 <sup>9</sup>  | Pico          | p       | 10 <sup>-12</sup> |
| Mega     | M       | 10 <sup>6</sup>  | Femto         | f       | 10 <sup>-15</sup> |
| Chilo    | k       | 10 <sup>3</sup>  | Atto          | a       | 10 <sup>-18</sup> |

# L'Autore

Giuseppe Arienti è nato Lissone, in provincia di Milano (ora Monza Brianza), il 12 ottobre 1946. Trovatosi in possesso di un diploma di Maturità Classica, verso la metà degli anni '60, decise di iscriversi alla Facoltà di Farmacia, presso l'Università di Pavia, ove si laureò in Farmacia prima e in Scienze Biologiche poi.

Intanto, cominciò a frequentare il laboratorio di Biochimica, allora diretto dal prof. Alfredo Ruffo. Da allora, l'amore per la biochimica non passò più.

Fu anche soldato nel corpo di Sanità Militare ma non è dato sapere se fu considerato un buon ufficiale, oppure no; più probabilmente no. Gli diedero il grado di sottotenente e da allora l'Esercito non s'interessò più a lui.

In quegli anni, cominciò a giracchiare in vari laboratori in Italia e all'estero per dare un'occhiata alle cose che si facevano là. Visitò laboratori tedeschi e svedesi e, per qualche mese, mise il piede nel laboratorio di farmacologia dell'Università di Milano.

L'esperienza più cara al suo cuore fu quella dei dodici mesi passati in Inghilterra, nel laboratorio di biochimica dello Institute of Animal Physiology a Babraham. Per chi non lo sapesse, Babraham è un villaggio di pochi abitanti, a circa 10 chilometri da Cambridge. Lì, una bellissima villa in mezzo alla campagna inglese era stata riadattata a centro di ricerche. I visitatori scapoli potevano avere una camera in villa. Distrazioni non ce n'erano troppe (a meno che uno non amasse passare il tempo con mucche, pecore e maiali, di cui c'era una grande abbondanza). Quanto a night club, discoteche e simili cose non ce n'era nel raggio di 10 chilometri. In ogni caso, il bramito del cervo in amore che saluta l'alba (alle tre di notte) non ha niente da invidiare ai decibel delle discoteche nostrane.

Tornato dall'Inghilterra, dove studiò il metabolismo lipidico nel ruminante, si stabilì a Perugia come Assistente ordinario (ora la figura dell'assistente è scomparsa) ed ebbe l'incarico d'insegnamento di Fisiologia Generale per la Facoltà di Farmacia dell'Università di Perugia. A Perugia si laureò in Medicina e Chirurgia e si specializzò in Endocrinologia sottraendo ore preziose ai suoi sonni e ai suoi svaghi. In questi anni prese moglie, o meglio una moglie prese lui e ancora lo tiene anche se non è ben chiaro il perché.

Agli anni '70 risale la conoscenza con il prof. Flaminio Fidanza che lo appassionò ad argomenti di nutrizione e con il quale collaborò anche a studi sulla niacina. Si occupò anche di studi sulla biochimica del sistema nervoso e soprattutto degli effetti dell'alcol sulle ratte gravide e sui loro neonati.

Verso la metà degli anni '80 vinse un concorso per professore di prima fascia in Biochimica ed ebbe l'insegnamento di Chimica Biologica per il corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria dell'Università di Perugia, corso che non ha più lasciato.

Accanto a questo insegnò in altri corsi di laurea e in corsi di specializzazione materie biochimiche o biochimico-nutrizionali.

Certamente una biografia, pur breve, non può terminare in questo modo perché ancora mancano i dati circa la sua morte. Nella speranza che questi rimangano ignoti ancora per un po', termina qui questa presentazione.





# Indice generale

|  |           |   |           |
|--|-----------|---|-----------|
| <b>1 UOMO E NUTRIENTI.....</b>                             | <b>1</b>  | <b>4 RICHIAMI DI TERMODINAMICA .</b>  | <b>21</b> |
| <b>2 LA CELLULA.....</b>                                   | <b>5</b>  | La termodinamica.....   | 21        |
| Classificazione delle cellule.....                         | 6         | Il primo principio della termodinamica ..                                   | 22        |
| L'approccio citologico: la microscopia .....               | 6         | Il secondo principio della termodinamica ..                                 | 23        |
| La microscopia ottica.....                                 | 6         | Gli equilibri chimici .....   | 23        |
| La microscopia elettronica .....                           | 6         | Reazioni accoppiate .....   | 24        |
| L'approccio biochimico:<br>il frazionamento cellulare..... | 7         | I composti del fosfato ad alto contenuto<br>energetico.....                 | 25        |
| Centrifugazione.....                                       | 7         | Il potenziale di trasferimento del fosfato ..                               | 25        |
| Organelli isolati .....                                    | 7         | L'idrolisi di ATP nelle condizioni<br>cellulari.....                        | 26        |
| Membrana plasmatica .....                                  | 8         | La carica energetica .....  | 26        |
| Nucleo .....   | 9         | Riassunto .....   | 26        |
| Reticolo endoplasmatico .....                              | 9         | <b>5 LA COMPOSIZIONE DEL CORPO</b>  |           |
| Apparato di Golgi .....                                    | 9         | <b>UMANO IN VIVO.....</b>   | <b>29</b> |
| Vescicole secretorie .....                                 | 9         | Metodi per lo studio della  |           |
| Lisosomi .....   | 10        | composizione corporea .....   | 30        |
| Mitocondri .....   | 10        | Grasso corporeo a partire dalla densità ..                                  | 31        |
| Perossisomi .....  | 10        | [ <sup>40</sup> K] .....  | 32        |
| Citosol .....  | 10        | Assorbimento di raggi X a doppia<br>energia.....                            | 32        |
| La struttura delle cellule batteriche .....                | 11        | Tomografia assiale computerizzata<br>e risonanza magnetica.....             | 32        |
| I virus .....  | 11        | Attivazione neutronica .....  | 32        |
| Riassunto .....  | 12        | Bioimpedenza.....   | 32        |
| Bibliografia .....   | 12        | Antropometria .....   | 33        |
| <b>3 LA CHIMICA DELLA VITA.....</b>                        | <b>13</b> | Misura dei compartimenti fluidi.....  | 35        |
| Il carbonio .....  | 13        | Scelta della tecnica da utilizzare .....                                    | 35        |
| Alcune reazioni di gruppi funzionali.....                  | 14        | <b>Modelli del corpo umano .....</b>  | <b>36</b> |
| Gli isomeri.....   | 15        | Modelli a vari livelli.....   | 37        |
| L'acqua .....  | 16        | <b>La persona di riferimento .....</b>                                      | <b>38</b> |
| Il pH .....  | 17        | <b>Influenza dell'attività fisica<br/>sulla composizione corporea .....</b> | <b>39</b> |
| Legami deboli in biologia.....                             | 17        | <b>Peso corporeo e altezza .....</b>  | <b>41</b> |
| Caratteristiche molecolari dei viventi .....               | 18        |   |           |
| Riassunto .....  | 19        |   |           |
| Bibliografia .....   | 19        |   |           |

|  |           |  |            |
|--|-----------|--|------------|
| Riassunto .....                                | 42        | <b>8 L'INTESTINO: STRUTTURA</b>                    |            |
| Bibliografia .....                             | 43        | <b>E FUNZIONI .....</b>                            | <b>95</b>  |
| <b>6 IL BISOGNO DI ENERGIA .....</b>           | <b>45</b> | Canale gastroenterico .....                        | 95         |
| Energia ottenibile dai vari substrati .....    | 46        | Regolazione dell'attività intestinale .....        | 99         |
| Il consumo di energia .....                    | 47        | L'enterocita .....                                 | 99         |
| Consumo energetico basale e a riposo .....     | 47        | Le secrezioni .....                                | 101        |
| Termogenesi indotta dagli alimenti .....       | 49        | La flora batterica .....                           | 101        |
| Termoregolazione .....                         | 49        | Attività metaboliche della flora                   |            |
| Attività fisica .....                          | 49        | batterica .....                                    | 101        |
| Attività fisica e stile di vita .....          | 53        | <b>Interazioni tra componenti alimentari .....</b> | <b>103</b> |
| Misura della potenza erogata .....             | 55        | <b>Caratteristiche di alcuni tratti</b>            |            |
| <b>Determinazione del consumo</b>              |           | <b>del canale gastroenterico .....</b>             | <b>104</b> |
| <b>energetico .....</b>                        | <b>57</b> | Stomaco .....                                      | 104        |
| Spirometria .....                              | 57        | Intestino tenue .....                              | 106        |
| Metodo dell'acqua doppiamente                  |           | Colon .....  | 107        |
| marcata .....                                  | 58        | <b>L'influenza di alimenti e nutrienti</b>         |            |
| <b>Il bisogno di energia .....</b>             | <b>61</b> | <b>sulla funzione intestinale .....</b>            | <b>107</b> |
| <b>Modelli matematici del metabolismo</b>      |           | Glutammina .....                                   | 108        |
| <b>energetico .....</b>                        | <b>63</b> | Glutammato .....                                   | 108        |
| Gestione dell'energia .....                    | 63        | Arginina .....                                     | 109        |
| Relazione tra peso e composizione              |           | Glutazione e altri antiossidanti                   |            |
| corporea .....                                 | 63        | alimentari nei disordini intestinali .....         | 109        |
| Bilancio energetico .....                      | 64        | Acidi grassi a corta catena .....                  | 109        |
| <b>Riassunto .....</b>                         | <b>68</b> | <b>Riassunto .....</b>                             | <b>109</b> |
| <b>Bibliografia .....</b>                      | <b>69</b> | <b>Bibliografia .....</b>                          | <b>109</b> |
| <b>7 LA NUTRIZIONE ADEGUATA .....</b>          | <b>71</b> | <b>9 GLICIDI: STRUTTURA .....</b>                  | <b>111</b> |
| Nutrienti essenziali .....                     | 72        | Natura chimica e classificazione .....             | 111        |
| Il concetto di essenzialità condizionata ..... | 73        | Monosaccaridi .....                                | 113        |
| Modificazione dei bisogni                      |           | Oligosaccaridi .....                               | 116        |
| di nutrienti essenziali .....                  | 74        | Polisaccaridi .....                                | 118        |
| <b>Benefici per la salute non legati</b>       |           | Polisaccaridi di deposito .....                    | 118        |
| <b>all'essenzialità .....</b>                  | <b>75</b> | Polisaccaridi strutturali .....                    | 119        |
| Effetti farmacologici dei nutrienti .....      | 76        | Glicosamminoglicani .....                          | 119        |
| <b>La biodisponibilità .....</b>               | <b>76</b> | <b>Riassunto .....</b>                             | <b>120</b> |
| <b>La variabilità del bisogno:</b>             |           | <b>10 DIGESTIONE E ASSORBIMENTO</b>                |            |
| <b>l'approccio probabilistico .....</b>        | <b>76</b> | <b>DEI GLICIDI .....</b>                           | <b>121</b> |
| Concetto di bisogno .....                      | 77        | Idrolisi dell'amido .....                          | 121        |
| Le Tabelle di Assunzione                       |           | Digestione degli oligosaccaridi                    |            |
| di Riferimento (raccomandata)                  |           | <b>e dei disaccaridi .....</b>                     | <b>122</b> |
| di Nutrienti .....                             | 78        | <b>Risposta glicemica agli alimenti .....</b>      | <b>123</b> |
| Criteri di adeguatezza dell'assunzione         |           | Indice glicemico .....                             | 123        |
| di nutrienti in rapporto allo sviluppo         |           | <b>Trasportatori di glucosio (GLUT) .....</b>      | <b>125</b> |
| di una deficienza .....                        | 83        | GLUT1 (cervello - globuli rossi) .....             | 125        |
| Valutazione dello stato di nutrizione .....    | 84        | GLUT2 (fegato) .....                               | 126        |
| Determinazione dei bisogni .....               | 85        | GLUT3 (cervello) .....                             | 126        |
| Bisogni di gruppi .....                        | 86        | GLUT4 (sensibile all'insulina) .....               | 126        |
| L'energia .....                                | 86        | GLUT5 (trasportatore di fruttosio) .....           | 126        |
| Quando i nutrienti diventano tossici .....     | 86        | GLUT6 (sequenza tipo pseudogene) .....             | 127        |
| <b>La qualità della dieta .....</b>            | <b>88</b> | GLUT7 (trasportatore microsomiale                  |            |
| <b>Usi delle tabelle .....</b>                 | <b>88</b> | epatico) .....                                     | 127        |
| <b>Le linee guida alimentari .....</b>         | <b>88</b> | Altri GLUT .....                                   | 127        |
| <b>La fortificazione dei cibi .....</b>        | <b>90</b> | <b>Trasporto intestinale di glicidi .....</b>      | <b>127</b> |
| <b>Riassunto .....</b>                         | <b>92</b> | I cotrasportatori di Na <sup>+</sup> e glucosio    |            |
| <b>Bibliografia .....</b>                      | <b>92</b> | (sodium-glucose transporters; SGLT) .....          | 127        |
|  |           | Il GLUT2 apicale .....                             | 128        |

|  |            |  |            |
|--|------------|--|------------|
| Riassunto .....  | 130        | Inibitori del trasporto intestinale<br>del colesterolo .....                       | 161        |
| Bibliografia .....   | 131        | Malassorbimento .....  | 162        |
| <b>11 FIBRA ALIMENTARE E ALIMENTI<br/>FUNZIONALI .....</b>                     | <b>133</b> | Metabolismo lipidico negli enterociti .....  | 162        |
| Definizione di fibra .....   | 134        | Trasporto .....  | 163        |
| Composizione chimica .....   | 135        | Riassunto .....  | 164        |
| Cellulosa .....  | 135        | Bibliografia .....   | 164        |
| Chitina .....  | 135        | <b>14 STRUTTURA DI AMMINOACIDI<br/>E PEPTIDI .....</b>                             | <b>167</b> |
| $\beta$ -glucani .....   | 136        | <b>Gli amminoacidi delle proteine .....</b>  | <b>167</b> |
| Gomme .....  | 136        | Le catene laterali .....   | 168        |
| Emicellulose .....   | 136        | <b>Classificazione degli amminoacidi .....</b>                                     | <b>171</b> |
| Inulina e oligofruztosio .....   | 136        | Piccoli amminoacidi neutri:  |            |
| Lignina .....  | 136        | glicina e alanina .....  | 171        |
| Pectine .....  | 136        | Amminoacidi a catena ramificata:   |            |
| Polidestrosio .....  | 136        | valina, leucina, isoleucina .....  | 171        |
| Destrine resistenti .....  | 136        | Amminoacidi aromatici: triptofano,<br>tirosina e fenilalanina .....                | 171        |
| Amido resistente .....   | 136        | Amminoacidi che contengono<br>gruppi idrossilici: serina e treonina .....          | 172        |
| Altre sostanze associate alla fibra<br>alimentare .....                        | 137        | Amminoacidi solforati: cisteina<br>e metionina .....                               | 172        |
| <b>Proprietà fisiche e chimiche della fibra .....</b>                          | <b>137</b> | Imminoacido: prolina .....   | 172        |
| Capacità di trattenere acqua .....   | 137        | Catene laterali acide: aspartato<br>e glutammato .....                             | 172        |
| Viscosità .....  | 137        | Ammidi: asparagina e glutammina .....  | 172        |
| Capacità di adsorbimento .....   | 138        | Amminoacidi con catene laterali<br>basiche: istidina, lisina e arginina .....      | 173        |
| <b>Effetti fisiologici .....</b>   | <b>138</b> | <b>Modificazioni post-traduzionali .....</b>                                       | <b>173</b> |
| Effetti della fibra sulla fisiologia<br>gastrointestinale e sull'energia ..... | 138        | <b>Amminoacidi non presenti<br/>nelle proteine .....</b>                           | <b>174</b> |
| Svuotamento gastrico e senso di sazietà .....                                  | 138        | <b>Peptidi .....</b>   | <b>174</b> |
| Intestino tenue .....  | 138        | <b>Riassunto .....</b>   | <b>174</b> |
| Intestino crasso .....   | 138        | <b>15 STRUTTURA DELLE PROTEINE .....</b>   | <b>175</b> |
| <b>Usi terapeutici dei vari tipi di fibra .....</b>                            | <b>139</b> | <b>Struttura delle proteine .....</b>  | <b>175</b> |
| <b>Gli alimenti funzionali .....</b>   | <b>141</b> | Struttura primaria .....   | 176        |
| Probiotici .....   | 142        | Struttura secondaria .....   | 177        |
| Prebiotici .....   | 143        | Struttura terziaria .....  | 179        |
| <b>Riassunto .....</b>   | <b>143</b> | Struttura quaternaria .....  | 181        |
| <b>Bibliografia .....</b>  | <b>144</b> | <b>Il ripiegamento (folding)<br/>delle proteine .....</b>                          | <b>181</b> |
| <b>12 LIPIDI: ASPETTI STRUTTURALI .....</b>                                    | <b>145</b> | <b>Riassunto .....</b>   | <b>181</b> |
| Acidi grassi .....   | 146        | <b>16 DIGESTIONE DELLE PROTEINE<br/>E ASSORBIMENTO DEGLI<br/>AMMINOACIDI .....</b> | <b>183</b> |
| Triacilgliceroli .....   | 150        | <b>Enzimi digestivi .....</b>  | <b>184</b> |
| Fosfolipidi .....  | 151        | <b>Digeribilità .....</b>  | <b>186</b> |
| Colesterolo .....  | 152        | <b>Assorbimento degli amminoacidi .....</b>  | <b>187</b> |
| Altre sostanze presenti nei grassi<br>alimentari .....                         | 153        | Trasporto degli amminoacidi<br>attraverso le membrane .....                        | 188        |
| <b>Riassunto .....</b>   | <b>153</b> | Trasporto di di- e tripeptidi .....  | 189        |
| <b>Bibliografia .....</b>  | <b>153</b> | <b>Riassunto .....</b>   | <b>190</b> |
| <b>13 DIGESTIONE E ASSORBIMENTO<br/>DEI LIPIDI .....</b>                       | <b>155</b> | <b>Bibliografia .....</b>  | <b>190</b> |
| Lipasi linguale .....  | 156        |  |            |
| Lipasi gastrica .....  | 156        |  |            |
| Lipasi pancreatiche .....  | 156        |  |            |
| Assorbimento di acidi grassi<br>e monoacilgliceroli .....                      | 158        |  |            |
| <b>Steroidi .....</b>  | <b>159</b> |  |            |
| Fattori che possono influenzare<br>l'assorbimento di colesterolo .....         | 160        |  |            |

|   |            |  |            |
|---|------------|--|------------|
| <b>17 LE MEMBRANE BIOLOGICHE</b> . . . . .  | <b>191</b> | <b>Appendice: Teoria dell'analisi del controllo metabolico</b> . . . . . | <b>224</b> |
| <b>Struttura delle membrane</b> . . . . .   | 192        | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 226        |
| Organizzazione dei lipidi . . . . .   | 192        | <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 226        |
| Organizzazione delle proteine . . . . .   | 193        |  |            |
| L'organizzazione strutturale delle membrane . . . . .   | 193        |  |            |
| <b>Passaggio di nutrienti attraverso le membrane</b> . . . . .                                    | 194        |  |            |
| I trasportatori - Diffusione facilitata . . . . .   | 195        |  |            |
| Trasporto attivo . . . . .  | 196        |  |            |
| <b>Cotrasporto</b> . . . . .  | 198        |  |            |
| <b>Riassunto</b> . . . . .  | 199        |  |            |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 199        |  |            |
| <br>  |            |  |            |
| <b>18 GLI ENZIMI</b> . . . . .  | <b>201</b> | <b>20 FUNZIONE GENETICA</b>  |            |
| <b>Enzimi</b> . . . . .   | 201        | <b>DEGLI ACIDI NUCLEICI</b> . . . . .                                    | <b>227</b> |
| <b>Il sito attivo</b> . . . . .   | 202        | <b>Cromosomi</b> . . . . .   | 227        |
| <b>Specificità delle reazioni enzimatiche</b> . . . . .   | 203        | Nucleosomi . . . . .   | 228        |
| Classificazione degli enzimi . . . . .  | 203        | Strutture di ordine più elevato . . . . .                                | 229        |
| <b>Alcuni fattori che influenzano la velocità delle reazioni catalizzate da enzimi</b> . . . . .  | 203        | <b>Flusso dell'informazione genetica</b> . . . . .                       | 229        |
| <b>Relazione tra velocità delle reazioni enzimatiche e concentrazione del substrato</b> . . . . . | 204        | <b>La struttura degli acidi nucleici</b> . . . . .                       | 230        |
| Alcuni commenti sul modello di Michaelis e Menten . . . . .                                       | 205        | La struttura covalente . . . . .   | 230        |
| Misura dell'attività enzimatica . . . . .   | 206        | La struttura a doppia elica del DNA . . . . .                            | 230        |
| Reazioni a più substrati . . . . .  | 206        | <b>Proprietà fisiche del DNA</b> . . . . .                               | 232        |
| <b>Meccanismi di catalisi</b> . . . . .   | 206        | Separazione dei filamenti . . . . .                                      | 232        |
| <b>Regolazione e controllo dell'attività enzimatica</b> . . . . .                                 | 207        | <b>La duplicazione del DNA</b> . . . . .                                 | 233        |
| Allosteria . . . . .  | 207        | La replicazione semi-conservativa . . . . .                              | 233        |
| Modificazioni covalenti . . . . .   | 208        | Gli enzimi coinvolti nella duplicazione del DNA . . . . .                | 234        |
| <b>Appendice: Il modello di Michaelis e Menten</b> . . . . .                                      | 209        | <b>Fasi della duplicazione del DNA</b> . . . . .                         | 234        |
| <b>Riassunto</b> . . . . .  | 211        | <b>Trascrizione</b> . . . . .  | 235        |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 211        | Terminazione . . . . .   | 238        |
|   |            | <b>Modificazioni dello RNA nascente</b> . . . . .                        | 238        |
|   |            | Modificazioni all'estremità terminale 3' . . . . .                       | 238        |
|   |            | Il cappuccio all'estremità 5' . . . . .                                  | 238        |
|   |            | Lo "splicing" . . . . .  | 238        |
|   |            | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 239        |
|   |            | <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 239        |
|   |            |  |            |
| <b>19 INTRODUZIONE AL METABOLISMO</b> . . . . .   | <b>213</b> | <b>21 SINTESI DELLE PROTEINE</b> . . . . .                               | <b>241</b> |
| <b>Anabolismo e catabolismo</b> . . . . .   | 213        | <b>Struttura del ribosoma</b> . . . . .                                  | 241        |
| <b>Scambi di materiali tra organi</b> . . . . .   | 214        | <b>Sintesi dei ribosomi</b> . . . . .                                    | 242        |
| <b>I tempi del metabolismo</b> . . . . .  | 215        | <b>RNA messaggero (mRNA) e codice genetico</b> . . . . .                 | 242        |
| <b>Regolazione e controllo di vie metaboliche</b> . . . . .                                       | 215        | Natura del codice genetico . . . . .                                     | 242        |
| Considerazioni termodinamiche . . . . .   | 217        | <b>RNA transfer (tRNA)</b> . . . . .                                     | 243        |
| Considerazioni cinetiche . . . . .  | 218        | Struttura del tRNA . . . . .   | 243        |
| Principi di regolazione e controllo . . . . .   | 218        | Come il tRNA riconosce i codoni . . . . .                                | 244        |
| <b>La teoria dell'analisi del controllo metabolico</b> . . . . .                                  | 219        | <b>Attivazione degli amminoacidi</b> . . . . .                           | 245        |
| Strutture di controllo nel metabolismo . . . . .  | 220        | Le amminoacil-tRNA sintetasi . . . . .                                   | 245        |
| <b>I cicli futili</b> . . . . .   | 221        | <b>La traduzione</b> . . . . .   | 245        |
| <b>Pool metabolici</b> . . . . .  | 221        | Successione degli eventi nella traduzione . . . . .                      | 245        |
| <b>Depositi e riserve</b> . . . . .   | 222        | Iniziazione . . . . .  | 246        |
| <b>Il bilancio</b> . . . . .  | 222        | Allungamento . . . . .   | 247        |
| <b>Come si studia il metabolismo</b> . . . . .  | 222        | Terminazione . . . . .   | 249        |
|   |            | <b>Richieste energetiche per la sintesi proteica</b> . . . . .           | 249        |
|   |            | <b>Sintesi proteica mitocondriale</b> . . . . .                          | 249        |
|   |            | <b>Processi post-traduzionali nella sintesi di proteine</b> . . . . .    | 249        |
|   |            | Maturazione di proteine per scissione idrolitica . . . . .               | 249        |
|   |            | Altre modificazioni post-traduzionali . . . . .                          | 250        |
|   |            | Sintesi di proteine destinate alla secrezione . . . . .                  | 250        |
|   |            | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 250        |

**22 REGOLAZIONE****DELL'ESPRESSIONE GENICA.....253**

Topografia del gene ..... 254

Regolazione dell'espressione genica  
e differenziazione cellulare ..... 256L'induzione e la soppressione  
dell'espressione genica ..... 256Interazione tra proteine e acidi nucleici  
come base per una regolazione specifica  
del gene ..... 256Motivi strutturali di proteine  
leganti il DNA ..... 257Ruolo della conformazione del DNA  
nelle interazioni tra DNA e proteine ..... 257I principi della regolazione  
della trascrizione ..... 258Regolazione dell'attività degli  
attivatori della trascrizione ..... 260

Repressione specifica della trascrizione . . . 263

Struttura della cromatina e attivazione  
della trascrizione ..... 263

Metilazione del DNA ..... 263

Regolazione post-trascrizionale  
dell'espressione genica ..... 264Modificazioni alle estremità 5'- e 3'-  
del pre-mRNA ..... 264

Splicing alternativo ..... 265

Stabilità dello mRNA ..... 265

La regolazione a livello di traduzione . . . 265

I micro-RNA ..... 265

Riassunto ..... 266

Bibliografia ..... 266

**23 MECCANISMI DELL'AZIONE****ORMONALE .....267**

Il recettore per gli ormoni ..... 269

Ormoni del gruppo I ..... 271

Schema fondamentale della  
trasduzione del segnale attraverso  
il meccanismo dei recettori nucleari ..... 271

Classificazione e struttura

dei recettori nucleari ..... 271

Dimeri dei recettori degli ormoni

steroidi ..... 272

I domini del recettore che legano

l'ormone ..... 272

Ormoni del gruppo II ..... 272

Tipi di recettori ..... 272

Aggregazione di recettori  
e internalizzazione ..... 274La superfamiglia delle GTPasi  
(proteine G): funzioni generali  
e meccanismo ..... 275

I secondi messaggeri ..... 277

Il sistema dello AMP ciclico (cAMP) ..... 277

Il sistema del fosfatidilinositolo ..... 278

Il calcio ..... 280

Sistemi che agiscono tramite un'attività  
tirosina chinasi legata al recettore ..... 283Sistemi che attivano una tirosina  
chinasi separata dal recettore ..... 283Sistemi che dipendono dal GMP ciclico  
(cGMP) e dal monossido di azoto (NO) . . . 284Regolazione dei trasportatori  
di membrana ..... 285

Riassunto ..... 285

Bibliografia ..... 285

**24 NUTRIGENOMICA .....287**

Definizioni ..... 289

Scopi della nutrigenomica ..... 289

Segnali nutrizionali: dal nutriente al gene . 289

Recettori e sensori metabolici ..... 291

Polimorfismo ..... 291

Gli strumenti molecolari per la ricerca  
in nutrizione ..... 292

Nutrigenetica e diete personalizzate . . . 292

Biologia dei sistemi ..... 293

Riassunto ..... 293

Bibliografia ..... 293

**25 IL METABOLISMO TERMINALE ....295**

L'acetil-CoA ..... 295

Il ciclo citrico ..... 295

Regolazione del ciclo citrico ..... 298

Decarbossilazione ossidativa del piruvato . 299

Regolazione della decarbossilazione  
ossidativa del piruvato ..... 301

Riassunto ..... 301

Bibliografia ..... 301

**26 LA CATENA RESPIRATORIA E LA  
FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA....303**

Reazioni di ossidoriduzione ..... 303

Catena respiratoria ..... 304

Fosforilazione ossidativa ..... 307

Accoppiamento ..... 308

Trasporto di metaboliti attraverso  
la membrana mitocondriale ..... 308

Regolazione del metabolismo energetico . 310

Regolazione *in vitro* ..... 310Regolazione nell'animale *in toto* ..... 312Importanza nutrizionale della  
regolazione negli organismi superiori . . . 312Accoppiamento ossidazione/  
fosforilazione ..... 313

Riassunto ..... 313

Bibliografia ..... 313

**27 METABOLISMO DEL GLUCOSIO:  
GLICOLISI, NEOGLUCOGENESI  
E VIA OSSIDATIVA DIRETTA.....315**

Glucosio libero ..... 315

La fosforilazione del glucosio ..... 315

|  |            |   |            |
|--|------------|---|------------|
| Glicolisi .....                                    | 318        | Determinanti del trasporto                                    |            |
| Le tappe della glicolisi .....                     | 319        | degli acidi grassi .....                                      | 352        |
| Neoglucogenesi .....                               | 322        | <b>Formazione degli acil-CoA</b> .....                        | 354        |
| Regolazione della glicolisi                        |            | <b>Il sistema della carnitina</b> .....                       | 354        |
| e della neoglucogenesi .....                       | 324        | <b>La <math>\beta</math>-ossidazione</b> .....                | 355        |
| Regolazione allosterica .....                      | 324        | La $\beta$ -ossidazione nei mitocondri .....                  | 356        |
| Regolazione tramite espressione genica .....       | 326        | La $\beta$ -ossidazione nei perossisomi .....                 | 358        |
| <b>La via dei pentosi fosfati</b> .....            | 326        | <b>Vie minori per l'ossidazione</b>                           |            |
| Fase ossidativa .....                              | 326        | <b>di acidi grassi</b> .....                                  | 359        |
| Fase non ossidativa .....                          | 327        | $\alpha$ -ossidazione .....                                   | 359        |
| Significato metabolico della via                   |            | $\omega$ -ossidazione .....                                   | 359        |
| ossidativa diretta .....                           | 329        | <b>Regolazione della <math>\beta</math>-ossidazione</b> ..... | 359        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 329        | <b>Ossidazione degli acidi grassi insaturi</b> .....          | 361        |
|  |            | <b>Ossidazione di acidi grassi con un</b>                     |            |
|  |            | <b>numero dispari di atomi di carbonio</b> .....              | 362        |
|  |            | <b>Riassunto</b> .....  | 363        |
|  |            | <b>Bibliografia</b> .....                                     | 364        |
| <b>28 IL METABOLISMO</b>                           |            |   |            |
| <b>DEL GLICOGENO</b> .....                         | <b>331</b> | <b>32 CORPI CHETONICI</b> .....                               | <b>365</b> |
| <b>Metabolismo del glicogeno</b> .....             | 331        | <b>Formazione dei corpi chetonici</b> .....                   | 365        |
| Biosintesi del glicogeno .....                     | 332        | <b>Regolazione della chetogenesi</b> .....                    | 366        |
| Demolizione del glicogeno .....                    | 333        | <b>Funzione dei corpi chetonici</b> .....                     | 366        |
| <b>Regolazione della glicogenolisi</b>             |            | <b>Vie di utilizzazione dei corpi chetonici</b> .....         | 368        |
| <b>e della glicogenosintesi</b> .....              | 334        | <b>Chetosi</b> .....  | 368        |
| <b>Ipoglicemia e iperglicemia</b> .....            | 336        | <b>Riassunto</b> .....  | 369        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 337        | <b>Bibliografia</b> .....                                     | 369        |
|  |            |   |            |
| <b>29 METABOLISMO DI ZUCCHERI</b>                  |            | <b>33 BIOSINTESI DEGLI ACIDI GRASSI</b> ..                    | <b>371</b> |
| <b>DIVERSI DAL GLUCOSIO</b> .....                  | <b>339</b> | <b>Formazione del malonil-CoA</b> .....                       | 371        |
| <b>Il fruttosio</b> .....                          | 339        | <b>Acido grasso sintasi</b> .....                             | 373        |
| <b>Metabolismo del sorbitolo</b> .....             | 341        | <b>Allungamento degli acidi grassi</b> .....                  | 375        |
| <b>Utilizzazione del galattosio</b> .....          | 342        | <b>Origine degli equivalenti riducenti</b>                    |            |
| Conversione galattosio/glucosio .....              | 343        | <b>e dell'acetato per la biosintesi</b>                       |            |
| Vie alternative .....                              | 344        | <b>degli acidi grassi</b> .....                               | 376        |
| <b>Amminozuccheri</b> .....                        | 344        | <b>Controllo della biosintesi</b>                             |            |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 344        | <b>degli acidi grassi</b> .....                               | 377        |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 344        | Regolazione dell'acetil-CoA carbossilasi .....                | 378        |
|  |            | Regolazione dell'acido grasso sintasi .....                   | 380        |
|  |            | <b>Lipogenesi e carboidrati</b> .....                         | 380        |
|  |            | <b>Regolazione ormonale</b> .....                             | 381        |
|  |            | <b>Riassunto</b> .....  | 381        |
|  |            | <b>Bibliografia</b> .....                                     | 381        |
|  |            |   |            |
| <b>30 CONSIDERAZIONI NUTRIZIONALI</b>              |            | <b>34 METABOLISMO DEI</b>                                     |            |
| <b>SUL METABOLISMO DEI GLICIDI</b> ..              | <b>345</b> | <b>TRIACILGLICEROLI</b>                                       |            |
| <b>Pool di glucosio</b> .....                      | 345        | <b>E DEI FOSFOLIPIDI</b> .....                                | <b>383</b> |
| <b>Concentrazione ematica di glucosio</b> .....    | 346        | <b>Enzimi della biosintesi di</b>                             |            |
| Ormoni del metabolismo glicidico .....             | 346        | <b>triacilgliceroli e fosfolipidi</b> .....                   | 383        |
| <b>Ruolo del fegato nell'omeostasi</b>             |            | Glicerolo 3-fosfato aciltrasferasi .....                      | 383        |
| <b>glicidica</b> .....                             | 347        | Lisofosfatidato aciltrasferasi .....                          | 384        |
| Glicogenolisi .....                                | 347        | Fosfatidato fosfoidrolasi .....                               | 385        |
| Neoglucogenesi .....                               | 347        | Diidrossiacetone fosfato aciltrasferasi .....                 | 385        |
| Produzione di glucosio                             |            | Monoacilglicerolo aciltrasferasi .....                        | 385        |
| durante il digiuno .....                           | 348        | Diacilglicerolo aciltrasferasi .....                          | 385        |
| Esercizio .....                                    | 349        | Vie alternative per la biosintesi                             |            |
| <b>Importanza alimentare</b> .....                 | 349        | dei triacilgliceroli .....                                    | 385        |
| <b>Il bisogno di glicidi</b> .....                 | 349        | <b>Catabolismo degli acilgliceroli</b> .....                  | 386        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 350        |   |            |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 350        |   |            |
|  |            |   |            |
| <b>31 IL CATABOLISMO DEGLI ACIDI</b>               |            |   |            |
| <b>GRASSI</b> .....                                | <b>351</b> |   |            |
| <b>Ingresso di acidi grassi a lunga catena</b>     |            |   |            |
| <b>nelle cellule: trasporto e diffusione</b> ..... | 352        |   |            |

|   |            |  |            |
|---|------------|--|------------|
| Metabolismo dei triacilgliceroli nel tessuto adiposo . . . . .                        | 387        | Regolazione delle desaturasi tramite lipidi alimentari . . . . .   | 415        |
| Lipasi ormono-sensibile . . . . .   | 387        | <b>Eicosanoidi</b> . . . . .   | 416        |
| Regolazione a breve termine della lipolisi . . . . .                                  | 388        | Sintesi degli eicosanoidi . . . . .  | 416        |
| <b>Controllo nutrizionale del metabolismo dei glicerolipidi</b> . . . . .             | 389        | Eicosanoidi, funzione endoteliale, trombosi, infiammazione e aterosclerosi . . . . .                             | 418        |
| Insulina, glucagone, ormoni tiroidei . . . . .  | 389        | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 420        |
| SREBP (steroid regulatory element binding protein) . . . . .                          | 389        | <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 420        |
| Leptina . . . . .   | 390        |  |            |
| Ruolo della PPAR $\gamma$ negli adipociti e nella sensibilità al glucosio . . . . .   | 391        |  |            |
| Il tessuto adiposo integra l'omeostasi energetica e il controllo metabolico . . . . . | 391        | <b>37 REGOLAZIONE DI GENI DEL METABOLISMO LIPIDICO</b> . . . . .   | <b>421</b> |
| <b>Regolazione coordinata nella membrana mitocondriale esterna</b> . . . . .          | 391        | <b>Recettori nucleari metabolici e fattori di trascrizione: distribuzione tra tessuti</b> . . . . .              | 422        |
| <b>Regolazione a livello delle ramificazioni metaboliche</b> . . . . .                | 392        | PPAR (recettore attivato del proliferatore dei perossisomi) . . . . .  | 422        |
| <b>Pool e canalizzazioni metaboliche di lipidi</b> . . . . .                          | 392        | LXR (recettore epatico X) . . . . .  | 423        |
| <b>Metabolismo di alcuni fosfolipidi</b> . . . . .                                    | 392        | FXR (recettore per i farnesoidi) . . . . .   | 423        |
| <b>Riassunto</b> . . . . .  | 394        | PXR (recettore X per il pregnano) . . . . .  | 423        |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 395        | LRH-1 (omologo 1 del recettore epatico) . . . . .  | 423        |
|   |            | SHP (partner eterodimerico piccolo) . . . . .  | 423        |
|   |            | C/EBP . . . . .  | 423        |
|   |            | <b>Regolazione del metabolismo lipidico tramite l'espressione genica</b> . . . . .                               | 424        |
| <b>35 BIOSINTESI E DEGRADAZIONE DEL COLESTEROLO</b> . . . . .                         | <b>397</b> | PPAR . . . . .   | 426        |
| Assorbimento del colesterolo . . . . .  | 397        | SREBP . . . . .  | 427        |
| Contenuto corporeo . . . . .  | 398        | ChREBP . . . . .   | 429        |
| Generalità sul metabolismo del colesterolo . . . . .                                  | 398        | Recettori epatici X (Liver X Receptors; LXR) . . . . .   | 430        |
| Biosintesi del colesterolo . . . . .  | 398        | Recettore nucleare 4 $\alpha$ degli epatociti (hepatocyte nuclear factor 4 $\alpha$ ; HNF-4 $\alpha$ ) . . . . . | 430        |
| Catabolismo del colesterolo e formazione degli acidi biliari . . . . .                | 399        | Inibitore- $\kappa$ B/Fattore nucleare- $\kappa$ B . . . . .   | 430        |
| Formazione delle HDL e trasporto inverso del colesterolo . . . . .                    | 405        | MicroRNA . . . . .   | 430        |
| Recettori nucleari e metabolismo delle HDL . . . . .                                  | 406        | <b>Regolazione epatica di fattori di trascrizione</b> . . . . .  | 430        |
| Altri effetti dei recettori nucleari sul trasporto inverso di colesterolo . . . . .   | 406        | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 431        |
| PXR/SXR e il metabolismo di endo- e xenobiotici . . . . .                             | 406        | <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 431        |
| Colesterolo alimentare e colesterolo plasmatico . . . . .                             | 407        |  |            |
| Effetti degli acidi grassi sul colesterolo plasmatico . . . . .                       | 407        | <b>38 LE LIPOPROTEINE</b> . . . . .  | <b>433</b> |
| Riassunto . . . . .   | 409        | Composizione e classificazione . . . . .   | 433        |
| Bibliografia . . . . .  | 409        | Le apolipoproteine . . . . .   | 435        |
|   |            | Il metabolismo delle lipoproteine . . . . .  | 436        |
| <b>36 ACIDI GRASSI INSATURI</b> . . . . .   | <b>411</b> | Chilomicroni . . . . .   | 437        |
| Le desaturasi . . . . .   | 411        | VLDL (very low density lipoproteins) . . . . .   | 439        |
| Funzioni delle desaturasi . . . . .   | 413        | LDL (low density lipoproteins) . . . . .   | 439        |
| Stearoil-CoA desaturasi . . . . .   | 413        | HDL (high density lipoproteins) . . . . .  | 441        |
| Funzioni della $\Delta^5$ e della $\Delta^6$ desaturasi . . . . .                     | 414        | Prodotti catabolici delle lipoproteine . . . . .   | 443        |
| Alcune funzioni dei PUFA . . . . .  | 415        | Il colesterolo LDL . . . . .   | 443        |
| Via della desaturasi e implicazioni sui bisogni alimentari di PUFA . . . . .          | 415        | Regolazione alimentare delle lipoproteine plasmatiche . . . . .  | 445        |
|   |            | Colesterolo alimentare . . . . .   | 445        |
|   |            | Bilancio energetico . . . . .  | 446        |
|   |            | Iperlipidemie . . . . .  | 446        |
|   |            | Riassunto . . . . .  | 447        |
|   |            | Bibliografia . . . . .   | 447        |

|  |            |   |            |
|--|------------|---|------------|
| <b>39 ETANOLO</b> .....                            | <b>449</b> | Acidi grassi essenziali .....   | 475        |
| Bevande alcoliche .....                            | 450        | Colesterolo .....   | 476        |
| Il paradosso francese .....                        | 451        | <b>Salute cardiovascolare e relazione</b>                                   |            |
| Assorbimento .....                                 | 453        | <b>con acidi grassi <math>\omega 3</math> e <math>\omega 6</math></b> ..... | 476        |
| <b>Metabolismo e valore nutrizionale</b>           |            | Acido linoleico .....   | 476        |
| <b>dell'etanolo</b> .....                          | 453        | Acido $\alpha$ -linolenico .....  | 477        |
| Velocità del metabolismo dell'etanolo ...          | 454        | Acidi eicosapentaenoico (EPA)   |            |
| <b>La via dell'alcol deidrogenasi (ADH)</b>        |            | e docosaesaenoico (DHA) .....   | 477        |
| <b>e i disordini metabolici associati a</b>        |            | <b>Acidi grassi essenziali e sviluppo</b> .....                             | 478        |
| <b>questo sistema</b> .....                        | 455        | <b>Acidi grassi e funzioni nervosa e visiva</b> ...                         | 478        |
| Isoenzimi dell'alcol deidrogenasi (ADH) .          | 455        | <b>Tossicità di alcuni lipidi alimentari</b> .....                          | 479        |
| ADH extraepatica .....                             | 455        | Perossidazioni lipidiche .....  | 480        |
| Ruolo patogenetico del polimorfismo                |            | <b>Riassunto</b> .....  | 481        |
| dell'ADH .....                                     | 456        | <b>Bibliografia</b> .....   | 482        |
| <b>Sistema microsomiale per l'ossidazione</b>      |            |   |            |
| <b>dell'etanolo</b> .....                          | 456        | <b>41 AMMINOACIDI: IL DESTINO</b>   |            |
| <b>Metabolismo dell'etanolo e suoi effetti</b>     |            | <b>DELL'AZOTO AMMINICO</b> .....  | <b>485</b> |
| <b>biochimici</b> .....                            | 457        | <b>Caratteristiche generali del metabolismo</b>                             |            |
| Acetaldeide .....                                  | 457        | <b>dell'azoto di proteine e amminoacidi</b> .....                           | 485        |
| Acetato .....                                      | 458        | Degradazione specifica delle proteine                                       |            |
| Etanolo ed espressione genica .....                | 458        | nella via ubiquitina-proteasomi .....                                       | 486        |
| <b>Infiammazione – Malattia epatica alcolica</b> . | 459        | <b>Rimozione del gruppo amminico</b> .....                                  | 487        |
| Relazione tra steatosi e infiammazione ..          | 459        | <b>Reazioni di transaminazione</b> .....                                    | 487        |
| La malattia epatica alcolica .....                 | 459        | Ruolo catabolico delle transamminasi ...                                    | 488        |
| <b>Effetti sistemici dell'alcol</b> .....          | 460        | Ruolo anabolico delle transamminasi ...                                     | 488        |
| Effetti sul tratto gastroenterico .....            | 460        | <b>Reazioni di deaminazione</b> .....                                       | 489        |
| Sistema cardiovascolare .....                      | 460        | Deaminazioni ossidative .....   | 489        |
| Pancreas .....                                     | 461        | Deaminazioni non ossidative .....   | 489        |
| Altri organi e sistemi .....                       | 461        | <b>Ammoniaca</b> .....  | 490        |
| Alcol e cancro .....                               | 461        | Glutamato deidrogenasi .....  | 490        |
| Sindrome alcolica fetale .....                     | 462        | Glutammina sintetasi .....  | 490        |
| <b>Effetti farmacologici dell'alcol</b> .....      | 462        | Sintesi del carbammilfosfato .....  | 490        |
| <b>Effetti metabolici dell'alcol</b> .....         | 463        | <b>Il ciclo dell'urea</b> .....   | 490        |
| Effetti sul metabolismo dei carboidrati ..         | 463        | Connessioni tra ciclo dell'urea   |            |
| Effetto sul metabolismo dell'urato .....           | 464        | e ciclo citrico .....   | 492        |
| Effetto sul metabolismo dei lipidi .....           | 464        | Regolazione del ciclo dell'urea .....                                       | 493        |
| <b>Stato nutrizionale degli alcolisti</b> .....    | 464        | Compartimentazione del ciclo dell'urea .                                    | 494        |
| Osservazioni generali .....                        | 464        | <b>Riassunto</b> .....  | 494        |
| Vitamina A .....                                   | 465        | <b>Bibliografia</b> .....   | 494        |
| Amminoacidi e proteine .....                       | 466        |   |            |
| Tiamina .....                                      | 466        | <b>42 METABOLISMO DEI SINGOLI</b>   |            |
| Vitamina B <sub>6</sub> .....                      | 466        | <b>AMMINOACIDI</b> .....  | <b>495</b> |
| Vitamina C .....                                   | 466        | <b>Amminoacidi che formano piruvato</b> .....                               | 496        |
| Folato e S-adenosilmetionina .....                 | 466        | Glicina .....   | 496        |
| Altre vitamine e minerali .....                    | 467        | Serina .....  | 497        |
| <b>Terapia nutrizionale dell'alcolismo</b> .....   | 467        | Alanina .....   | 497        |
| <b>Identificazione degli alcolisti</b> .....       | 468        | Cisteina .....  | 497        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 468        | Treonina .....  | 497        |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 468        | Idrossiprolina .....  | 498        |
|  |            | <b>Amminoacidi che formano acetil-CoA</b> .....                             | 498        |
| <b>40 CONSIDERAZIONI NUTRIZIONALI</b>              |            | Fenilalanina e tirosina .....   | 498        |
| <b>SUI GRASSI ALIMENTARI</b> .....                 | <b>471</b> | Tryptofano .....  | 499        |
| <b>Grassi alimentari</b> .....                     | 472        | Lisina .....  | 500        |
| <b>Assunzione inadeguata di grassi</b> .....       | 473        | <b>Amminoacidi che formano chetoglutarato</b> .                             | 501        |
| Acidi grassi polinsaturi .....                     | 474        | Glutamato .....   | 501        |
| <b>Effetti degli eccessi di consumo</b> .....      | 474        | Arginina .....  | 501        |
| <b>Considerazioni nutrizionali</b> .....           | 474        | Istidina .....  | 501        |



|   |            |   |            |
|---|------------|---|------------|
| Amminoacidi che formano succinil-CoA ..   | 501        | Ruoli biologici dello NO .....                                    | 532        |
| Metionina .....   | 502        | Stabilità e reattività dello NO.....                              | 533        |
| <b>Degradazione degli amminoacidi</b>   |            | Reazioni di S-nitrosilazione .....                                | 533        |
| a catena ramificata .....   | 503        | <b>Arginine metilate</b> .....                                    | 533        |
| <b>Il frammento monocarbonioso</b> .....  | 503        | <b>Riassunto</b> .....  | 534        |
| <b>Biosintesi degli amminoacidi</b> .....   | 505        | <b>Bibliografia</b> .....   | 534        |
| Amminoacidi non essenziali .....  | 505        |   |            |
| Amminoacidi essenziali .....  | 505        |   |            |
| <b>Derivati del metabolismo</b>   |            |   |            |
| degli amminoacidi .....   | 506        |   |            |
| <b>Riassunto</b> .....  | 507        |   |            |
|   |            |   |            |
| <b>43 METIONINA E CISTEINA:<br/>METABOLISMO DEGLI<br/>AMMINOACIDI SOLFORATI .....</b> | <b>509</b> | <b>46 CONSIDERAZIONI NUTRIZIONALI<br/>SUGLI AMMINOACIDI. ....</b> | <b>535</b> |
| <b>Assorbimento degli amminoacidi</b>   |            | <b>Metabolismo degli amminoacidi liberi</b> .....                 | 536        |
| <b>solforati</b> .....  | 509        | <b>Amminoacidi essenziali</b> .....                               | 536        |
| <b>Metionina</b> .....  | 510        | <b>Turnover delle proteine</b> .....                              | 538        |
| Rimetilazione dell'omocisteina .....  | 511        | Regolazione del turnover proteico .....                           | 538        |
| Transulfurazione dell'omocisteina .....   | 511        | Amminoacidi e turnover proteico .....                             | 539        |
| Decarbossilazione della   |            | <b>Misura del turnover proteico</b> .....                         | 540        |
| S-adenosilmetionina .....   | 512        | Metodo fattoriale .....   | 540        |
| Regolazione della rimetilazione   |            | Differenze arterovenose .....                                     | 541        |
| e della transulfurazione .....  | 512        | Il metodo del prodotto terminale .....                            | 541        |
| <b>Cisteina</b> .....   | 514        | <b>Bisogno di proteine</b> .....                                  | 542        |
| Glutazione .....  | 516        | Terminologia .....  | 542        |
| Cisteinsulfonato .....  | 516        | Esigenze metaboliche di amminoacidi .....                         | 542        |
| <b>Taurina</b> .....  | 516        | Valutazione del bisogno .....                                     | 544        |
| Biosintesi della taurina .....  | 516        | RDA per le proteine .....   | 545        |
| Taurina alimentare .....  | 517        | <b>Bisogno di amminoacidi essenziali</b> .....                    | 546        |
| Deficienza di taurina .....   | 517        | Metodo dell'ossidazione diretta .....                             | 546        |
| <b>Stress ossidativo</b> .....  | 518        | Metodo dell'ossidazione di  |            |
| <b>Tossicità</b> .....  | 518        | un amminoacido indicatore .....                                   | 546        |
| <b>Zolfo inorganico</b> .....   | 519        | Metodo del bilancio del tracciante                                |            |
| Solfuro .....   | 519        | per 24 ore .....  | 546        |
| <b>Effetti fisiologici</b> .....  | 520        | Casi particolari .....  | 547        |
| Solfato .....   | 520        | <b>Valore nutrizionale delle proteine:</b>                        |            |
| <b>Riassunto</b> .....  | 521        | <b>la qualità proteica</b> .....                                  | 548        |
| <b>Bibliografia</b> .....   | 521        | <b>Effetti clinici della malnutrizione proteica</b> ..            | 551        |
|   |            | <b>Effetti avversi degli amminoacidi</b>                          |            |
|   |            | <b>e delle proteine</b> .....                                     | 551        |
|   |            | Effetti avversi di singoli amminoacidi ..                         | 552        |
|   |            | <b>Alcune caratteristiche del</b>                                 |            |
|   |            | <b>metabolismo degli amminoacidi</b> .....                        | 552        |
|   |            | Il fegato nel metabolismo   |            |
|   |            | degli amminoacidi .....   | 552        |
|   |            | Interazioni tra organi nel  |            |
|   |            | metabolismo degli amminoacidi .....                               | 553        |
|   |            | Metabolismo degli amminoacidi                                     |            |
|   |            | durante l'assorbimento intestinale .....                          | 553        |
|   |            | Periodo postassorbitivo .....                                     | 555        |
|   |            | <b>Incorporazione di amminoacidi</b>                              |            |
|   |            | <b>in altri composti</b> .....                                    | 556        |
|   |            | <b>Riassunto</b> .....  | 559        |
|   |            | <b>Bibliografia</b> .....   | 559        |
|   |            |   |            |
| <b>44 GLUTAMMINA E PROLINA .....</b>  | <b>523</b> | <b>47 PURINE E PIRIMIDINE .....</b>                               | <b>561</b> |
| <b>Glutammia</b> .....  | 523        | <b>Metabolismo delle purine</b> .....                             | 562        |
| Digestione, assorbimento,   |            | Sintesi de novo .....   | 562        |
| biodisponibilità ed escrezione .....  | 524        | Interconversioni di nucleotidi .....                              | 563        |
| La glutammia trasportatore di azoto ..  | 524        | Vie di recupero .....   | 565        |
| La glutammia come intermedio  |            | Catabolismo delle purine  |            |
| del metabolismo .....   | 524        | e formazione di urato .....                                       | 567        |
| Cause ed effetti della deficienza   |            |   |            |
| di glutammia .....  | 525        |   |            |
| <b>Prolina</b> .....  | 525        |   |            |
| <b>Riassunto</b> .....  | 527        |   |            |
| <b>Bibliografia</b> .....   | 527        |   |            |
|   |            |   |            |
| <b>45 ARGININA E NO .....</b>   | <b>529</b> |   |            |
| <b>Metabolismo dell'arginina</b> .....  | 530        |   |            |
| <b>Metabolismo della citrullina</b> .....   | 531        |   |            |
| <b>La via dell'ossido nitrico</b> .....   | 531        |   |            |

|   |            |  |            |
|---|------------|--|------------|
| Iperuricemia e gotta .....                        | 569        | Interrelazioni tra ascorbato e NO .....            | 615        |
| Biosintesi dei desossiribonucleotidi .....        | 570        | Interazione con i metalli pesanti .....            | 615        |
| Biosintesi delle pirimidine .....                 | 570        | <b>Altri effetti possibili o ipotizzati</b>        |            |
| Catabolismo delle pirimidine .....                | 571        | <b>della vitamina C .....</b>                      | <b>615</b> |
| Riassunto .....                                   | 571        | Inibizione della formazione                        |            |
|   |            | di nitrosammine .....                              | 615        |
|   |            | Funzioni immunologiche .....                       | 616        |
|   |            | Profilassi e cura del raffreddore .....            | 616        |
| <b>48 INTEGRAZIONE METABOLICA</b>                 |            | <b>Presenza nei cibi .....</b>                     | <b>616</b> |
| <b>DI GLICIDI, LIPIDI E PROTIDI.....</b>          | <b>573</b> | <b>Assorbimento e distribuzione .....</b>          | <b>616</b> |
| Schemi metabolici generali .....                  | 573        | <b>Contenuto corporeo ed escrezione .....</b>      | <b>617</b> |
| <b>Il metabolismo in diversi organi .....</b>     | <b>574</b> | <b>Fattori che influenzano il</b>                  |            |
| Fegato .....                                      | 574        | <b>metabolismo della vitamina C .....</b>          | <b>617</b> |
| Muscolo .....                                     | 575        | <b>Deficienza di vitamina C .....</b>              | <b>618</b> |
| Tessuto adiposo .....                             | 576        | Deficienza marginale .....                         | 618        |
| Sistema nervoso .....                             | 576        | Scorbuto .....                                     | 618        |
| <b>Regolazione ormonale del metabolismo .....</b> | <b>576</b> | <b>Valutazione dello stato di nutrizione .....</b> | <b>619</b> |
| Ormoni pancreatici .....                          | 576        | Escrezione urinaria .....                          | 619        |
| Catecolammine .....                               | 583        | Livelli plasmatici e leucocitari .....             | 619        |
| Ormoni tiroidei .....                             | 583        | Marker del danno ossidativo del DNA ..             | 620        |
| Glicocorticoidi .....                             | 584        | <b>Considerazioni per stabilire il livello</b>     |            |
| Somatotropo .....                                 | 585        | <b>raccomandato di assunzione .....</b>            | <b>620</b> |
| Eicosanoidi e citochine .....                     | 585        | Considerazioni particolari .....                   | 622        |
| Ormoni intestinali .....                          | 585        | <b>Controindicazioni e tossicità .....</b>         | <b>622</b> |
| Ormoni cardiovascolari .....                      | 586        | Individui suscettibili a effetti avversi ..        | 622        |
| Ormoni sessuali .....                             | 587        | <b>Interazioni con altri nutrienti .....</b>       | <b>622</b> |
| <b>Nutrienti ed espressione genica .....</b>      | <b>587</b> | <b>Riassunto .....</b>                             | <b>623</b> |
| <b>Riassunto .....</b>                            | <b>590</b> | <b>Bibliografia .....</b>                          | <b>623</b> |
| <b>Bibliografia .....</b>                         | <b>590</b> |  |            |
|   |            | <b>51 BIOTINA (VIT H).....</b>                     | <b>625</b> |
| <b>49 INTRODUZIONE ALLE VITAMINE ..</b>           | <b>591</b> | <b>Struttura chimica .....</b>                     | <b>625</b> |
| Definizioni e nomenclatura .....                  | 593        | Digestione e trasporto .....                       | 626        |
| Metodi di analisi e di dosaggio .....             | 595        | <b>Aspetti biologici e metabolici .....</b>        | <b>627</b> |
| Biodisponibilità .....                            | 596        | <b>Funzioni .....</b>                              | <b>628</b> |
| Bisogno .....                                     | 597        | Acetil-CoA carbossilasi .....                      | 629        |
| Assunzioni di riferimento .....                   | 598        | Piruvato carbossilasi .....                        | 630        |
| Sorgenti alimentari .....                         | 598        | Propionil-CoA carbossilasi .....                   | 630        |
| Le vitamine come coenzimi .....                   | 598        | Metilcrotonil-CoA carbossilasi .....               | 630        |
| Stato di nutrizione vitaminico nell'uomo ..       | 601        | Altre azioni .....                                 | 631        |
| Tossicità .....                                   | 602        | <b>Deficienza .....</b>                            | <b>631</b> |
| Riassunto .....                                   | 603        | Deficienze di enzimi che                           |            |
| Bibliografia .....                                | 604        | metabolizzano la biotina .....                     | 631        |
|   |            | Deficienza in specie diverse dall'uomo ..          | 632        |
| <b>50 VITAMINA C (ASCORBATO</b>                   |            | <b>Valutazione dello stato nutrizionale .....</b>  | <b>632</b> |
| <b>E DEIDROASCORBATO).....</b>                    | <b>605</b> | <b>Bisogni .....</b>                               | <b>632</b> |
| <b>Struttura .....</b>                            | <b>605</b> | <b>Situazioni in cui si può presentare</b>         |            |
| <b>Biosintesi .....</b>                           | <b>607</b> | <b>una deficienza di biotina .....</b>             | <b>632</b> |
| <b>Azioni riducenti dell'ascorbato .....</b>      | <b>607</b> | <b>Riassunto .....</b>                             | <b>633</b> |
| Ruoli proossidanti e antiossidanti                |            | <b>Bibliografia .....</b>                          | <b>633</b> |
| dell'ascorbato .....                              | 609        |  |            |
| <b>Cofattore per enzimi .....</b>                 | <b>609</b> | <b>52 NIACINA .....</b>                            | <b>635</b> |
| Reazioni di idrossilazione                        |            | <b>Assorbimento ed escrezione .....</b>            | <b>636</b> |
| cui partecipa il ferro .....                      | 609        | <b>Metabolismo .....</b>                           | <b>637</b> |
| Reazioni di idrossilazione                        |            | Sintesi netta dal triptofano .....                 | 637        |
| cui partecipa il rame .....                       | 611        | Vie di recupero .....                              | 639        |
| <b>Metabolismo del ferro .....</b>                | <b>614</b> | Ossidoriduzioni .....                              | 639        |
| <b>Eliminazione dei radicali liberi</b>           |            | Enzimi che consumano il NAD .....                  | 640        |
| <b>e interazione con la vit E .....</b>           | <b>614</b> |  |            |

|   |            |   |            |
|---|------------|---|------------|
| Reazioni cataboliche a carico di nicotinato e nicotinammide con formazioni di prodotti di rifiuto | 644        | Assorbimento  | 682        |
| <b>Pellagra</b>   | 645        | Biodisponibilità  | 682        |
| Deficienza di altri nutrienti nell'etiologia della pellagra                                       | 647        | <b>Metabolismo</b>  | 683        |
| Effetti pellagrogeni dell'eccesso di leucina  | 647        | Vit B <sub>6</sub> nel muscolo  | 683        |
| Pellagra iatrogena  | 647        | <b>Modalità di azione</b>   | 683        |
| Errori del metabolismo  | 647        | <b>Ruoli metabolici fondamentali del piridossal fosfato</b>                                     | 686        |
| <b>Usi non nutrizionali della niacina</b>   | 647        | α-decarbossilazione   | 687        |
| <b>Stato nutrizionale</b>   | 648        | Racemizzazione  | 687        |
| <b>Bisogni di niacina</b>   | 648        | Transamminazione  | 687        |
| <b>Riassunto</b>  | 649        | Reazioni di eliminazione  | 688        |
| <b>Bibliografia</b>   | 649        | Frammenti monocarboniosi e transulfurazione   | 688        |
| <b>53 TIAMINA</b>   | <b>651</b> | Lipidi  | 688        |
| <b>Caratteristiche della tiamina</b>  | 651        | Glicogenolisi e gluconeogenesi  | 688        |
| <b>Tiamina alimentare</b>   | 653        | Biosintesi dell'eme   | 688        |
| Assorbimento  | 653        | Funzione immune   | 689        |
| Tiaminasi   | 654        | Interazioni con altri nutrienti e con farmaci   | 689        |
| <b>Metabolismo</b>  | 654        | Piridossal fosfato, ormoni steroidei ed espressione genica                                      | 689        |
| <b>Ruoli metabolici della tiamina</b>   | 655        | <b>Valutazione dello stato di nutrizione</b>  | 689        |
| <b>Deficienza di tiamina</b>  | 656        | <b>Bisogni</b>  | 690        |
| Beri-beri   | 657        | <b>Deficienza</b>   | 691        |
| Alcolismo   | 657        | <b>Tossicità</b>  | 691        |
| Senilità  | 659        | <b>Usi farmacologici</b>  | 691        |
| <b>Valutazione dello stato di nutrizione</b>  | 659        | <b>Riassunto</b>  | 692        |
| <b>Bisogni</b>  | 659        | <b>Bibliografia</b>   | 692        |
| <b>Riassunto</b>  | 660        | <b>57 FOLATO</b>  | <b>693</b> |
| <b>Bibliografia</b>   | 660        | <b>Chimica e struttura</b>  | 693        |
| <b>54 PANTOTENATO</b>   | <b>663</b> | <b>Assorbimento e distribuzione</b>   | 694        |
| <b>Assorbimento ed escrezione</b>   | 663        | <b>Metabolismo</b>  | 698        |
| <b>Metabolismo e ruoli metabolici</b>   | 664        | <b>Coenzimi folici</b>  | 698        |
| <b>Deficienza</b>   | 665        | Caricamento del tetraidrofolato con il frammento monocarbonioso                                 | 698        |
| <b>Usi farmacologici</b>  | 666        | Gestione dell'eccesso di frammenti monocarboniosi   | 701        |
| <b>Tossicità</b>  | 666        | N <sup>5</sup> -metiltetraidrofolato  | 701        |
| <b>Riassunto</b>  | 666        | N <sup>5</sup> ,N <sup>10</sup> -metilentetraidrofolato   | 701        |
| <b>Bibliografia</b>   | 666        | Altri coenzimi del folato   | 701        |
| <b>55 RIBOFLAVINA</b>   | <b>667</b> | Interconversioni di coenzimi folici a diversi stati di ossidazione del frammento monocarbonioso | 702        |
| <b>Digestione e assorbimento</b>  | 668        | <b>Utilizzazione del frammento monocarbonioso</b>   | 702        |
| <b>Metabolismo</b>  | 671        | Timidilato sintasi e diidrofolato riduttasi   | 702        |
| <b>Ruoli biochimici della riboflavina</b>   | 672        | Sintesi dell'anello purinico  | 703        |
| I coenzimi flavinici: FAD e FMN   | 673        | Ruolo del folato nel metabolismo della metionina  | 703        |
| <b>Deficienza</b>   | 676        | <b>Considerazioni generali sul metabolismo dei frammenti monocarboniosi</b>                     | 705        |
| <b>Bisogni</b>  | 677        | <b>Compartimentazione subcellulare dei coenzimi folici</b>                                      | 705        |
| <b>Stato nutrizionale</b>   | 677        | Metabolismo dei frammenti monocarboniosi nel citosol  | 705        |
| <b>Usi farmacologici</b>  | 678        |   |            |
| <b>Tossicità</b>  | 679        |   |            |
| <b>Riassunto</b>  | 679        |   |            |
| <b>Bibliografia</b>   | 679        |   |            |
| <b>56 VITAMINA B<sub>6</sub></b>  | <b>681</b> |   |            |
| <b>Assorbimento e biodisponibilità</b>  | 682        |   |            |
| Sorgenti alimentari   | 682        |   |            |

|  |            |   |            |
|--|------------|---|------------|
| Metabolismo dei frammenti monocarboniosi nei mitocondri . . . . .              | 706        | Morfogenesi . . . . .   | 744        |
| Reazioni nucleari . . . . .  | 707        | Apoptosi . . . . .  | 744        |
| <b>Sindromi da deficienza</b> . . . . .  | 707        | Risposta immune . . . . .   | 745        |
| Cause di deficienza . . . . .  | 707        | Azioni non genomiche dell'acido retinoico . . . . .   | 745        |
| Trattamento della deficienza folica . . . . .                                  | 710        | <b>Mancanza di vitamina</b> . . . . .   | 746        |
| <b>Stato di nutrizione</b> . . . . .   | 710        | <b>Eccesso di vitamina</b> . . . . .  | 747        |
| Test di soppressione con dUMP . . . . .  | 710        | Intossicazione acuta . . . . .  | 747        |
| <b>Bisogni</b> . . . . .   | 710        | Intossicazione cronica . . . . .  | 747        |
| <b>Usi terapeutici e tossicità</b> . . . . .                                   | 711        | Effetti teratogenici . . . . .  | 747        |
| <b>Riassunto</b> . . . . .   | 711        | Lattanti e bambini . . . . .  | 748        |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 712        | <b>Usi farmacologici</b> . . . . .  | 748        |
| <b>58 VITAMINA B<sub>12</sub></b> . . . . .                                    | <b>715</b> | <b>Considerazioni alimentari</b> . . . . .  | 748        |
| Chimica e biochimica . . . . .   | 715        | Considerazioni speciali . . . . .   | 749        |
| Assorbimento . . . . .   | 717        | <b>Stato di nutrizione</b> . . . . .  | 749        |
| Trasporto ed escrezione . . . . .  | 717        | <b>Riassunto</b> . . . . .  | 750        |
| Metabolismo e ruoli biochimici . . . . .                                       | 718        | <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 750        |
| Bisogni . . . . .  | 720        | <b>61 VITAMINA D</b> . . . . .  | <b>753</b> |
| Stato nutrizionale della vit B <sub>12</sub> . . . . .                         | 720        | Biosintesi nell'organismo . . . . .   | 755        |
| Test di Schilling per misurare l'assorbimento di vit B <sub>12</sub> . . . . . | 721        | Effetto dell'invecchiamento . . . . .   | 756        |
| L'assorbimento di vit B <sub>12</sub> . . . . .                                | 721        | Creme solari protettive . . . . .   | 756        |
| Deficienza . . . . .   | 721        | <b>Assorbimento e metabolismo</b> . . . . .   | 756        |
| Deficienza primaria . . . . .  | 722        | Assorbimento . . . . .  | 756        |
| Deficienze secondarie . . . . .  | 722        | Produzione del 25-OH derivato . . . . .   | 756        |
| Deficienza di cobalammina e di folato . . . . .                                | 723        | Produzione dello 1,25-diidrossiderivato (calcitriolo) . . . . .                                 | 757        |
| Anemia megaloblastica . . . . .  | 723        | Catabolismo del del 25(OH)D <sub>3</sub> e dello 1,25(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub> . . . . . | 757        |
| Anemia perniciosa . . . . .  | 724        | Regolazione del metabolismo della vitamina D . . . . .  | 759        |
| Riassunto . . . . .  | 724        | <b>Ruoli biologici</b> . . . . .  | 759        |
| Bibliografia . . . . .   | 724        | Controllo del metabolismo del calcio . . . . .  | 759        |
| <b>59 COLINA</b> . . . . .   | <b>725</b> | Azioni non calcemiche . . . . .   | 760        |
| Assorbimento intestinale . . . . .   | 725        | <b>Deficienza di vit D: rachitismo e osteomalacia</b> . . . . .                                 | 760        |
| Metabolismo . . . . .  | 726        | Soggetti a rischio di deficienza . . . . .  | 761        |
| Biosintesi della fosfatidilcolina . . . . .                                    | 726        | <b>Osteoporosi</b> . . . . .  | 761        |
| Conseguenze della deficienza colinica . . . . .                                | 727        | <b>Stato di nutrizione</b> . . . . .  | 761        |
| Effetti tossici . . . . .  | 728        | <b>Raccomandazioni</b> . . . . .  | 762        |
| Assunzione consigliata . . . . .   | 728        | <b>Tossicità</b> . . . . .  | 763        |
| Riassunto . . . . .  | 728        | <b>Riassunto</b> . . . . .  | 763        |
| Bibliografia . . . . .   | 728        | <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 763        |
| <b>60 VITAMINA A</b> . . . . .   | <b>731</b> | <b>62 VITAMINA E</b> . . . . .  | <b>765</b> |
| Chimica . . . . .  | 732        | Nomenclatura e terminologia . . . . .   | 765        |
| Unità . . . . .  | 734        | <b>Assorbimento e distribuzione</b> . . . . .   | 767        |
| Digestione e assorbimento . . . . .  | 734        | Proteine leganti il tocoferolo . . . . .  | 769        |
| Digestione . . . . .   | 734        | Distribuzione nei tessuti . . . . .   | 769        |
| Assorbimento . . . . .   | 735        | <b>Attività biologica</b> . . . . .   | 770        |
| Riesterificazione . . . . .  | 735        | Prodotti di escrezione . . . . .  | 771        |
| Ossigenasi . . . . .   | 735        | <b>Valutazione dello stato di nutrizione</b> . . . . .  | 771        |
| Gestione delle sostanze ad attività vitaminica A nell'intestino . . . . .      | 736        | <b>Interazioni con altri nutrienti</b> . . . . .  | 771        |
| Proteine leganti e recettori per i retinoidi . . . . .                         | 736        | <b>Assunzione raccomandata, usi e tossicità</b> . . . . .                                       | 771        |
| Proteine leganti i retinoidi . . . . .   | 737        | <b>Deficienza</b> . . . . .   | 772        |
| Metabolismo . . . . .  | 739        | <b>Riassunto</b> . . . . .  | 773        |
| Funzioni . . . . .   | 742        | <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 773        |
| Visione . . . . .  | 742        |   |            |
| Differenziazione cellulare . . . . .   | 744        |   |            |

|  |            |   |            |
|--|------------|---|------------|
| <b>63 VITAMINA K</b> .....                                 | <b>775</b> | Assunzione raccomandata .....                             | 813        |
| Chimica e struttura .....                                  | 775        | Tossicità del potassio .....                              | 814        |
| Assorbimento, distribuzione<br>e metabolismo .....         | 776        | Stato di nutrizione .....                                 | 814        |
| Reazioni cui prende parte la vitamina K .....              | 777        | <b>Cloruro</b> .....                                      | 814        |
| Glutammina carbossilasi .....                              | 777        | <b>Equilibrio acido-base</b> .....                        | 814        |
| Il ciclo della vitamina K .....                            | 778        | Il pH .....   | 815        |
| Funzioni fisiologiche .....                                | 778        | Elettroliti .....   | 815        |
| Coagulazione del sangue .....                              | 778        | Acidosi e alcalosi .....                                  | 818        |
| Osso .....   | 779        | Regolazione renale del pH .....                           | 821        |
| Rene .....   | 780        | <b>Riassunto</b> .....                                    | 822        |
| Segnalazione cellulare .....                               | 780        | <b>Bibliografia</b> .....                                 | 823        |
| Deficienza di vitamina K .....                             | 780        | <b>66 CALCIO</b> .....                                    | <b>825</b> |
| Emorragia da deficienza di vit K<br>nel lattante .....     | 781        | Turnover .....  | 825        |
| Relazione tra la vit K e l'osteoporosi .....               | 781        | Assorbimento .....  | 827        |
| Valutazione dello stato di nutrizione .....                | 781        | Assorbimento netto e assorbimento vero .....              | 828        |
| Bisogni e livelli di assunzione<br>raccomandati .....      | 782        | Depositi e riserve .....                                  | 830        |
| Usi farmacologici della vit K .....                        | 782        | Escrezione .....  | 830        |
| Riassunto .....  | 782        | Funzioni .....  | 831        |
| Bibliografia .....   | 783        | Controllo dei livelli plasmatici .....                    | 831        |
| <b>64 COMPOSTI MARGINALI<br/>E FITONUTRIENTI</b> .....     | <b>785</b> | Sistemi ormonali .....                                    | 831        |
| Inositolo .....  | 786        | Valutazione dello stato di nutrizione .....               | 833        |
| Carnitina .....  | 787        | Bisogni .....   | 833        |
| Taurina .....  | 788        | Variazioni dei bisogni di calcio<br>durante la vita ..... | 833        |
| Creatina .....   | 788        | Effetti della carenza .....                               | 834        |
| Fitochimici .....  | 790        | Osteoporosi .....   | 835        |
| Carotenoidi .....  | 791        | Osso e adiposità .....                                    | 835        |
| Composti allil solforici .....                             | 792        | Tossicità .....   | 835        |
| Glucosinolati .....  | 792        | Relazione con altre sostanze .....                        | 837        |
| Fitoestrogeni .....  | 792        | Riassunto .....   | 837        |
| Flavonoidi .....   | 793        | Bibliografia .....  | 837        |
| Pirrolochinolina chinone (PQQ) .....                       | 795        | <b>67 MAGNESIO</b> .....                                  | <b>839</b> |
| Riassunto .....  | 795        | Funzioni .....  | 839        |
| Bibliografia .....   | 796        | Omeostasi intracellulare .....                            | 840        |
| <b>65 METABOLISMO IDRICO-SALINO</b> .....                  | <b>799</b> | Turnover .....  | 840        |
| Acqua .....  | 799        | Assorbimento .....  | 840        |
| Compartimenti idrici .....                                 | 800        | Eliminazione urinaria .....                               | 841        |
| Osmolalità .....   | 801        | Stato di nutrizione .....                                 | 842        |
| Bilancio idrico .....                                      | 803        | Assunzione raccomandata .....                             | 842        |
| Sete .....   | 804        | Deficienza .....  | 842        |
| Disidratazione .....                                       | 804        | Tossicità .....   | 844        |
| Sodio .....  | 806        | Riassunto .....   | 845        |
| Funzioni del sodio .....                                   | 806        | Bibliografia .....  | 845        |
| Contenuto e distribuzione .....                            | 807        | <b>68 FOSFORO</b> .....                                   | <b>847</b> |
| Bisogni di sodio .....                                     | 808        | Funzioni .....  | 848        |
| Tossicità del sodio .....                                  | 809        | Digestione e assorbimento .....                           | 849        |
| Alterazioni della concentrazione<br>ematica di sodio ..... | 810        | Escrezione .....  | 850        |
| Situazioni particolari .....                               | 811        | Omeostasi .....   | 850        |
| Potassio .....   | 811        | Controllo del fosfato nel plasma .....                    | 851        |
| Assunzione e perdite .....                                 | 812        | Stato di nutrizione .....                                 | 853        |
| Funzioni biologiche .....                                  | 812        | Tossicità .....   | 853        |
|  |            | Casi particolari .....                                    | 854        |
|  |            | Riassunto .....   | 854        |
|  |            | Bibliografia .....  | 855        |

|  |            |  |            |
|--|------------|--|------------|
| <b>69 FERRO</b> .....                              | <b>857</b> | <b>72 MANGANESE</b> .....                | <b>897</b> |
| Caratteristiche chimiche importanti                |            | Assorbimento .....                       | 897        |
| <b>in biologia</b> .....                           | 857        | Concentrazione nei tessuti .....         | 898        |
| <b>Funzioni</b> .....                              | 858        | Ruolo biologico.....                     | 898        |
| <b>Assorbimento</b> .....                          | 859        | Deficienza.....                          | 898        |
| <b>Trasporto</b> .....                             | 860        | Tossicità .....                          | 898        |
| <b>Biologia cellulare</b> .....                    | 861        | Assunzione raccomandata .....            | 898        |
| Regolazione degli scambi di ferro                  |            | <b>Riassunto</b> .....                   | 899        |
| tra cellule e ambiente extracellulare .....        | 861        | <b>Bibliografia</b> .....                | 899        |
| Regolazione dell'omeostasi                         |            |  |            |
| intracellulare del ferro .....                     | 862        | <b>73 CROMO</b> .....                    | <b>901</b> |
| Metabolismo mitocondriale .....                    | 864        | Assorbimento e trasporto .....           | 901        |
| <b>Metabolismo in cellule specializzate</b> .....  | 864        | Funzioni biologiche.....                 | 902        |
| Enterociti.....                                    | 864        | Effetti della deficienza .....           | 902        |
| Deposito e riciclo del ferro .....                 | 865        | <b>Bisogni</b> .....                     | 902        |
| Eritroblasti .....                                 | 866        | <b>Riassunto</b> .....                   | 903        |
| Macrofagi .....                                    | 868        | <b>Bibliografia</b> .....                | 903        |
| <b>Turnover</b> .....                              | 869        |  |            |
| Bilancio del ferro ed epcidina .....               | 869        | <b>74 FLUORO</b> .....                   | <b>905</b> |
| <b>Ferro di deposito</b> .....                     | 871        | Assorbimento, metabolismo                |            |
| <b>Stato di nutrizione</b> .....                   | 872        | ed escrezione .....                      | 905        |
| <b>Perdite e valutazione dei bisogni</b> .....     | 873        | Azione cariostatica.....                 | 905        |
| <b>Carenza</b> .....                               | 874        | Effetti dell'assunzione inadeguata ..... | 906        |
| Sintomatologia della carenza                       |            | Assunzione raccomandata .....            | 906        |
| marziale.....                                      | 875        | <b>Riassunto</b> .....                   | 906        |
| Deficienza di ferro e immunità .....               | 876        | <b>Bibliografia</b> .....                | 907        |
| Fortificazione .....                               | 876        |  |            |
| <b>Sovraccarico</b> .....                          | 876        | <b>75 SELENIO</b> .....                  | <b>909</b> |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 877        | Considerazioni alimentari .....          | 909        |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 877        | Considerazioni biochimiche .....         | 910        |
|  |            | Selenoproteine .....                     | 911        |
| <b>70 RAME</b> .....                               | <b>879</b> | Attività biologica .....                 | 914        |
| <b>Funzioni</b> .....                              | 879        | Metabolismo .....                        | 914        |
| Enzimi e proteine.....                             | 879        | Deficienza.....                          | 914        |
| Altre funzioni .....                               | 881        | Stato di nutrizione .....                | 915        |
| <b>Assorbimento e distribuzione</b> .....          | 881        | Tossicità .....                          | 916        |
| <b>Valutazione dello stato di nutrizione</b> ..... | 883        | <b>Riassunto</b> .....                   | 916        |
| <b>Valutazione dei bisogni e dei livelli</b>       |            | <b>Bibliografia</b> .....                | 916        |
| <b>d'assunzione raccomandati</b> .....             | 883        |  |            |
| <b>Sindromi da deficienza nell'uomo</b> .....      | 884        | <b>76 IODIO</b> .....                    | <b>919</b> |
| <b>Tossicità</b> .....                             | 884        | Metabolismo .....                        | 919        |
| <b>Interazioni con altri nutrienti</b> .....       | 885        | Deficienza.....                          | 921        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 885        | Feto.....                                | 922        |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 885        | Il neonato .....                         | 922        |
|  |            | Il bambino.....                          | 923        |
| <b>71 ZINCO</b> .....                              | <b>887</b> | Gozzigeni .....                          | 923        |
| Assorbimento .....                                 | 887        | <b>Bisogni</b> .....                     | 923        |
| Funzioni biochimiche e fisiologiche.....           | 890        | Stato di nutrizione .....                | 923        |
| Regolazione dell'omeostasi .....                   | 891        | Supplementazione .....                   | 923        |
| Metabolismo intracellulare .....                   | 891        | <b>Riassunto</b> .....                   | 924        |
| Valutazione dello stato di nutrizione.....         | 891        | <b>Bibliografia</b> .....                | 924        |
| Assunzione raccomandata .....                      | 892        |  |            |
| Deficienza.....                                    | 893        | <b>77 ELEMENTI IN ULTRATRACCIA</b> ..... | <b>925</b> |
| Tossicità .....                                    | 894        | Assorbimento, trasporto e deposito ..... | 927        |
| <b>Riassunto</b> .....                             | 895        | Alluminio.....                           | 929        |
| <b>Bibliografia</b> .....                          | 895        | Arsenico .....                           | 930        |

|   |     |   |            |
|---|-----|---|------------|
| Boro .....                                    | 930 | Appendice: Valori di assunzione<br>di energia e di alimenti proposti<br>dal Food and Nutrition Board (2005) ..... | 968        |
| Bromo .....                                   | 931 | Riassunto .....   | 968        |
| Cadmio .....                                  | 931 | Bibliografia .....  | 968        |
| Germanio .....                                | 931 | <b>81 SENILITÀ.....971</b>  |            |
| Litio .....                                   | 932 | Teorie sull'invecchiamento.....   | 972        |
| Molibdeno .....                               | 932 | Apoptosi e necrosi .....  | 972        |
| Il molibdeno nel corpo umano.....             | 932 | Mitocondri e stress ossidativo .....  | 972        |
| Nichel .....                                  | 933 | <b>Variazioni degli indici antropometrici.....</b>  | <b>973</b> |
| Piombo .....                                  | 934 | Attività sportiva .....   | 973        |
| Rubidio.....                                  | 934 | <b>Bisogni nutrizionali .....</b>   | <b>974</b> |
| Silicio .....                                 | 934 | Micronutrienti .....  | 975        |
| Stagno .....                                  | 934 | Invecchiamento e nutrizione .....   | 977        |
| Vanadio.....                                  | 934 | Riassunto .....   | 978        |
| Riassunto .....                               | 935 | Bibliografia .....  | 978        |
| Bibliografia .....                            | 935 | <b>82 ATTIVITÀ FISICA E SPORT.....979</b>   |            |
| <b>78 GRAVIDANZA: LA NUTRIZIONE</b>           |     | <b>Caratteristiche strutturali del muscolo .....</b>  | <b>980</b> |
| <b>MATERNO-FETALE.....937</b>                 |     | Proteine dei filamenti sottili e spessi .....   | 980        |
| Energia .....                                 | 938 | <b>Contrazione muscolare .....</b>  | <b>982</b> |
| Proteine.....                                 | 940 | <b>Tipi di fibrocellule muscolari</b>   |            |
| Carboidrati.....                              | 941 | <b>e loro metabolismo.....</b>  | <b>984</b> |
| Grassi .....                                  | 941 | <b>Sintesi di ATP in aerobiosi</b>  |            |
| Vitamine.....                                 | 941 | <b>e in anaerobiosi.....</b>  | <b>985</b> |
| Vitamine liposolubili.....                    | 941 | Anaerobiosi.....  | 985        |
| Vitamine idrosolubili .....                   | 942 | Aerobiosi.....  | 986        |
| Minerali .....                                | 943 | <b>Alcuni aspetti del controllo della</b>   |            |
| Alcune situazioni particolari .....           | 944 | <b>produzione di ATP nel muscolo</b>  |            |
| Conclusioni circa la nutrizione materna ..... | 944 | <b>striato .....</b>  | <b>986</b> |
| La nutrizione dal punto di vista fetale.....  | 944 | <b>Substrati consumati durante</b>  |            |
| Attività metabolica della placenta.....       | 946 | <b>l'attività sportiva.....</b>   | <b>988</b> |
| Ruolo del feto .....                          | 946 | Relazione del consumo dei substrati   |            |
| Trasporto transplacentare di nutrienti .....  | 946 | con la durata dello sforzo .....  | 988        |
| Problemi particolari e stile di vita.....     | 948 | Relazione del consumo di substrati  |            |
| Alcol.....                                    | 948 | con l'intensità dello sforzo .....  | 988        |
| Riassunto .....                               | 949 | Alcune considerazioni sugli sforzi  |            |
| Bibliografia .....                            | 949 | di lunga durata.....  | 989        |
| <b>79 ALLATTAMENTO.....951</b>                |     | Ruolo delle proteine nel metabolismo  |            |
| Il latte umano .....                          | 951 | muscolare .....   | 990        |
| Composizione del latte .....                  | 953 | Triacilgliceroli intramuscolari (IMTG) .....  | 991        |
| Variazioni della composizione del latte ..... | 953 | Altri nutrienti .....   | 992        |
| Necessità nutrizionali della nutrice .....    | 954 | <b>Nutrizione e allenamento.....</b>  | <b>993</b> |
| Energia .....                                 | 956 | <b>Regolazione delle masse muscolari .....</b>  | <b>993</b> |
| Proteine.....                                 | 957 | <b>Gli integratori alimentari.....</b>  | <b>997</b> |
| Vitamine e minerali .....                     | 957 | Integrazione energetica.....  | 997        |
| Malnutrizione e allattamento.....             | 959 | Integrazione proteica.....  | 997        |
| Riassunto .....                               | 959 | Integratori vari .....  | 998        |
| Bibliografia .....                            | 959 | Doping.....   | 998        |
| <b>80 ACCRESCIMENTO: DAL</b>                  |     | <b>Attività fisica per la popolazione generale .....</b>  | <b>998</b> |
| <b>NEONATO ALL'ADULTO.....961</b>             |     | Riassunto .....   | 998        |
| Il neonato .....                              | 961 | Bibliografia .....  | 999        |
| Periodo dell'alimentazione                    |     | <b>83 IL DIGIUNO.....1001</b>   |            |
| complementare .....                           | 965 | Richieste di energia e di nutrienti.....  | 1002       |
| Il bambino da 2 a 10 anni di vita.....        | 965 | Fasi del digiuno .....  | 1002       |
| Adolescente .....                             | 966 |   |            |

|   |             |  |             |
|---|-------------|--|-------------|
| Necessità metaboliche del corpo umano . . .   | 1004        | La glutazione perossidasi . . . . .  | 1040        |
| Perdita di peso durante il digiuno . . . . .  | 1005        | Sistemi dipendenti dalla tioredossina . .  | 1040        |
| Substrati ematici . . . . .   | 1006        | <b>Molecole antiossidanti</b> . . . . .  | 1040        |
| Glicidi . . . . .   | 1006        | Polifenoli . . . . .   | 1041        |
| Amminoacidi . . . . .   | 1006        | <b>Riassunto</b> . . . . .   | 1041        |
| Acidi grassi liberi (NEFA)<br>e corpi chetonici . . . . .                                 | 1008        | <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 1041        |
| <b>Ormoni</b> . . . . .   | 1009        |  |             |
| <b>Morte per fame</b> . . . . .   | 1010        |  |             |
| <b>Riassunto</b> . . . . .  | 1010        |  |             |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .   | 1011        |  |             |
| <b>84 MALNUTRIZIONE CALORICO-<br/>PROTEICA . . . . .</b>                                  | <b>1013</b> | <b>86 ORMONI E RISPOSTE<br/>ALL'INFEZIONE E ALLO STRESS . . .</b>                          | <b>1043</b> |
| <b>Il semidigiuno: adattamento<br/>e accomodamento al digiuno . . . . .</b>               | <b>1014</b> | <b>Ormoni e fattori di crescita . . . . .</b>  | <b>1043</b> |
| Deficienza proteica relativa . . . . .  | 1016        | Ormone della crescita o somatotropo . .  | 1044        |
| Ritardo di crescita . . . . .   | 1016        | Insulina . . . . .   | 1045        |
| Situazione endocrina . . . . .  | 1016        | Altri fattori di crescita . . . . .  | 1045        |
| Zinco e altri micronutrienti . . . . .  | 1016        | <b>Citochine</b> . . . . .   | 1046        |
| Ipoalbuminemia . . . . .  | 1017        | Meccanismi di azione delle citochine . .   | 1047        |
| Ematologia e circolazione . . . . .   | 1018        | Influenza di nutrienti sulla biologia<br>delle citochine . . . . .                         | 1049        |
| Edema . . . . .   | 1018        | Modulazione della biologia delle citochine<br>da parte di micronutrienti . . . . .         | 1050        |
| Fegato grasso . . . . .   | 1019        | Funzioni fondamentali delle citochine .  | 1051        |
| Funzioni mentali . . . . .  | 1019        | <b>Eicosanoidi</b> . . . . .   | 1051        |
| Diarrea . . . . .   | 1019        | Sintesi . . . . .  | 1051        |
| Susceptibilità alle infezioni . . . . .   | 1019        | <b>Cortisolo</b> . . . . .   | 1052        |
| Alcuni aspetti clinici . . . . .  | 1019        | <b>Ormoni del sistema nervoso</b> . . . . .  | 1052        |
| <b>La PEM primaria . . . . .</b>  | <b>1021</b> | Catecolammine . . . . .  | 1052        |
| <b>Patofisiologia e risposte adattative<br/>alla PEM: marasma e kwashiorkor . . . . .</b> | <b>1023</b> | <b>Risposte ormonali a ferite, infezione<br/>e cancro . . . . .</b>                        | <b>1052</b> |
| Fattori tossico-nutrizionali . . . . .  | 1026        | Risposta della fase acuta . . . . .  | 1053        |
| <b>Malnutrizione nel paziente<br/>ospedalizzato (PEM secondaria) . . . . .</b>            | <b>1026</b> | Escrezione di urea: un marker<br>dello stato ipercatabolico . . . . .                      | 1053        |
| Patogenesi e significato clinico<br>della malnutrizione . . . . .                         | 1027        | Marker utilizzati per lo stato<br>nutrizionale . . . . .                                   | 1053        |
| Deplezione delle riserve corporee . . . .   | 1028        | <b>Risposte fisiologiche alla chirurgia . . . .</b>  | <b>1053</b> |
| Guarigione delle ferite . . . . .   | 1028        | Nutrizione nel periodo perioperatorio .  | 1054        |
| Funzioni immunitarie . . . . .  | 1028        | <b>Ferite accidentali . . . . .</b>  | <b>1055</b> |
| Funzioni cardiovascolari . . . . .  | 1028        | <b>Infezione . . . . .</b>   | <b>1055</b> |
| Funzioni gastrointestinali . . . . .  | 1029        | Ciclo malnutrizione/infezione . . . . .  | 1056        |
| La mortalità e la morbilità<br>della sottanutrizione . . . . .                            | 1029        | Effetto dell'infezione sullo stato<br>nutrizionale . . . . .                               | 1056        |
| Aspetti terapeutici . . . . .   | 1029        | Malnutrizione e risposta all'infezione .   | 1056        |
| Nutrizione enterale . . . . .   | 1030        | Nutrienti coinvolti nella risposta<br>all'infezione . . . . .                              | 1056        |
| Nutrizione parenterale . . . . .  | 1030        | Cambiamenti nutrizionali e metabolici<br>nei pazienti con infezione . . . . .              | 1058        |
| Nutrizione e cancro . . . . .   | 1031        | <b>Pazienti ustionati . . . . .</b>  | <b>1058</b> |
| <b>Riassunto . . . . .</b>  | <b>1033</b> | Risposta metabolica . . . . .  | 1059        |
| <b>Bibliografia . . . . .</b>   | <b>1033</b> | Risposta infiammatoria . . . . .   | 1059        |
|   |             | <b>Riassunto . . . . .</b>   | <b>1059</b> |
|   |             | <b>Bibliografia . . . . .</b>  | <b>1060</b> |
| <b>85 STRESS OSSIDATIVO . . . . .</b>   | <b>1035</b> | <b>87 SINDROME METABOLICA . . . . .</b>  | <b>1061</b> |
| <b>Formazione di radicali liberi . . . . .</b>  | <b>1036</b> | <b>Tessuto adiposo . . . . .</b>   | <b>1062</b> |
| Radicali liberi e lipidi . . . . .  | 1038        | <b>Fegato . . . . .</b>  | <b>1064</b> |
| Ossidazione di lipoproteine . . . . .   | 1039        | <b>Alterazioni funzionali nel muscolo<br/>indotte dai lipidi . . . . .</b>                 | <b>1064</b> |
| <b>La difesa enzimatica . . . . .</b>   | <b>1039</b> | Il coattivatore 1 (PGC1) del PPAR $\gamma$<br>e l'omeostasi dei nutrienti energetici . . . | 1065        |
| La superossido dismutasi . . . . .  | 1040        |  |             |
| La catalasi . . . . .   | 1040        |  |             |



|  |             |   |             |
|--|-------------|---|-------------|
| Regolazione attraverso il sistema carnitina aciltrasferasi I/malonil-CoA. . . . .      | 1065        | Amilina . . . . .   | 1088        |
| Meccanismi della resistenza insulinica indotta dai lipidi . . . . .                    | 1065        | <b>Terapia dell'obesità</b> . . . . .                             | 1088        |
| Alterazioni dell'utilizzazione di substrati legate all'eccesso di lipidi. . . . .      | 1067        | Velocità ottimale della perdita di peso . . . . .                 | 1088        |
| Un'ipotesi unificatrice: il malfunzionamento dei mitocondri. . . . .                   | 1068        | Terapia comportamentale . . . . .                                 | 1089        |
| <b>Isolotti pancreatici</b> . . . . .  | 1070        | Farmaci anoressizzanti e termogenetici . . . . .                  | 1089        |
| <b>Ruolo dell'infiammazione</b> . . . . .  | 1071        | Procedimenti chirurgici . . . . .                                 | 1089        |
| <b>Riassunto</b> . . . . .   | 1071        | Dietoterapia . . . . .  | 1089        |
| <b>Bibliografia</b> . . . . .  | 1071        | Esercizio fisico . . . . .  | 1091        |
|  |             | Mantenimento della perdita di peso. . . . .                       | 1091        |
|  |             | <b>Riassunto</b> . . . . .  | 1092        |
|  |             | <b>Bibliografia</b> . . . . .                                     | 1092        |
| <b>88 NUTIZIONE E PESO CORPOREO . . . . .</b>  | <b>1073</b> | <b>89 CONSIDERAZIONI</b>  |             |
| <b>Definizione dell'obesità nell'uomo</b> . . . . .                                    | 1073        | <b>SUL TESSUTO ADIPOSO . . . . .</b>                              | <b>1095</b> |
| Obesità nel bambino . . . . .  | 1074        | <b>Costituzione del tessuto adiposo</b> . . . . .                 | 1095        |
| <b>Complicanze dell'obesità</b> . . . . .  | 1075        | <b>Sviluppo del tessuto adiposo</b> . . . . .                     | 1096        |
| <b>Adattamenti comportamentali verso le variazioni di apporto energetico</b> . . . . . | 1077        | Fattori di trascrizioni coinvolti nell'adipogenesi . . . . .      | 1096        |
| <b>Fattori di rischio per l'obesità</b> . . . . .                                      | 1078        | Ipertrofia e iperplasia degli adipociti . . . . .                 | 1096        |
| <b>Nutrienti e sazietà</b> . . . . .   | 1078        | Regolazione endocrina . . . . .                                   | 1097        |
| Proteine . . . . .   | 1078        | <b>Ormoni secreti dal tessuto adiposo</b> . . . . .               | 1097        |
| Carboidrati . . . . .  | 1078        | Adiponectina . . . . .  | 1098        |
| Grassi . . . . .   | 1079        | Leptina . . . . .   | 1099        |
| <b>Regolazione dell'assunzione di cibo</b> . . . . .                                   | 1079        | Resistina . . . . .   | 1100        |
| Prime teorie del controllo dell'apporto alimentare . . . . .                           | 1079        | <b>Fattori non proteici secreti dal tessuto adiposo</b> . . . . . | 1100        |
| <b>Controlli periferici e centrali</b> . . . . .                                       | 1080        | <b>Vascularizzazione del tessuto adiposo</b> . . . . .            | 1101        |
| Controlli periferici . . . . .   | 1080        | <b>Matrice extracellulare</b> . . . . .                           | 1102        |
| Controlli centrali . . . . .   | 1082        | <b>Rimodellamento del tessuto adiposo</b> . . . . .               | 1102        |
| <b>Eventi tonici e fasici</b> . . . . .  | 1085        | Ruolo dei macrofagi . . . . .                                     | 1103        |
| I segnali tonici: gli effetti dello stato energetico. . . . .                          | 1086        | <b>Disfunzioni del tessuto adiposo obeso</b> . . . . .            | 1103        |
| I segnali fasici . . . . .   | 1086        | Sensibilità all'insulina . . . . .                                | 1103        |
| <b>Fegato e cervello nell'omeostasi energetica</b> . . . . .                           | 1086        | Fibrosi . . . . .   | 1103        |
| <b>Incretine e amilina</b> . . . . .   | 1087        | <b>Riassunto</b> . . . . .  | 1103        |
| Peptide simile al glucagone (tipo 1) GLP . . . . .                                     | 1087        | <b>Bibliografia</b> . . . . .                                     | 1103        |
|  |             | <b>Indice analitico</b> . . . . .                                 | <b>1107</b> |

