

LE BASI MOLECOLARI DELLA NUTRIZIONE

Dello stesso Editore

- ARIENTI – Un compendio di biochimica
- ARIENTI/FIORILLI – Biochimica dell'attività motoria
- BUCCIANTE/BERNARDI – Scienza dell'alimentazione e nutrizione clinica
- BUTERA/LAURICELLA – La chimica organica e le macromolecole biologiche
- CABRAS/TUBEROSO – Analisi dei prodotti alimentari
- CALABRESE/MORELLI/MOCCHETTI – Ricette di velluto
- CATANI ET AL. – Appunti di biochimica per le lauree triennali
- CHIURCHIÙ/MACCARONE – I radicali liberi e la loro rilevanza in biomedicina
- COZZANI – Alimentazione e salute
- COZZANI/DAINESE – Biochimica degli alimenti e della nutrizione
- DE MARCO/CINI – Principi di metodologia biochimica
- EVANGELISTI/RESTANI – Prodotti dietetici. Chimica, tecnologia e impiego
- FRANCHINI/PISANO – Nuove acquisizioni teorico-pratiche nell'alimentazione del bambino e dell'adolescente
- GARRETT/GRISHAM – Biochimica
- HONG – Il trattamento dell'obesità in medicina cinese
- JANSON/TISCHLER – Biochimica clinica
- KATZUNG – Farmacologia generale e clinica
- LARIZZA/BRUNETTI/SANTEUSANIO – Malattie delle ghiandole endocrine, del metabolismo e della nutrizione
- MACCARONE ET AL. – Gli endocannabinoidi
- MARAZZI ET AL. – Nutrizione e salute
- MATHEWS ET AL. – Biochimica
- MCMURRY – Chimica organica
- NICOLAI – Curarsi con l'alimentazione
- PETRUCCI ET AL. – Chimica generale
- PULCINI – Una vita a strati uniti
- RONCO – La buona cucina per la salute dei reni
- SAMAJA/PARONI – Chimica e biochimica per le lauree triennali dell'area biomedica
- SANTANIELLO ET AL. – Chimica propedeutica alle scienze biomediche
- SILIPRANDI/TETTAMANTI – Biochimica medica
- SPANDRIO – Biochimica clinica speciale
- SPANDRIO – Principi e tecniche di chimica clinica
- TINTI – Chimica organica, biochimica, biotecnologie
- WADE – Fondamenti di chimica organica
- WHITTEN ET AL. – Chimica
- ZANGARA/ZANGARA – La moderna alimentazione mediterranea
- ZANGARA/ZANGARA/KOPRIVEC – Dietologia

GIUSEPPE ARIENTI

**LE BASI MOLECOLARI
DELLA NUTRIZIONE**

Quinta edizione

PICCIN

Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.

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

ISBN 978-88-299-3205-4

Stampato in Italia

*Dedico questo volume alla memoria di Patrizia,
la ragazza che, tanti anni fa, ho sposato*

Prefazione alla quinta edizione

Quando il Dottor Piccin mi propose di scrivere una quinta 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 numerosi dati e numerose 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 quarta 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.

La letteratura scientifica ha dibattuto e discute in questi anni alcuni temi fondamentali, come i meccanismi di segnalazione, la rielaborazione statistica dei dati disponibili e la regolazione dell'apporto di nutrienti ed energia.

Molta ricerca si sta facendo sugli alimenti in relazione ai possibili benefici sulla salute, oltre al loro ruolo di fornire energia e nutrienti. Molte di 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 in 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 notevole; 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. Molto spesso, le risposte scientifiche sono soltanto frammentarie e parziali perché la ricerca richiede molto tempo e molto denaro e, a volte, può non sembrare opportuno investire in materie che non diano la possibilità di un guadagno più o meno immediato. Dopo tutto, una dieta non si può brevettare!

Uno degli aspetti più evidenti nei lavori pubblicati in questi ultimi anni è il tentativo di raccogliere i dati sino ad ora a disposizione in meta analisi che possano fornire conclusioni un po' più appropriate rispetto a quelle di singoli lavori. Purtroppo la diversità di impostazione dei lavori che sono esaminati rende difficile questo approccio. Inoltre, gli effetti di un regime alimentare dovrebbero essere studiati per tutta la vita.

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.

L'Autore
Perugia, 2021

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 soltanto di 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 di 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 meravi-

gliarmi. 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 inserire. 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 relazioni 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

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 loro ruoli biochimici e fisiologici. Termino considerando alcuni aspetti biochimico-funzionali come il digiuno, l'attività fisica, ecc.

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.

Ho ampliato le referenze bibliografiche in ogni capitolo, per rendere chiaro quali sono state le sorgenti delle informazioni riportate nel testo, nelle tabelle e nelle figure; ciò si rende necessario in seguito al proliferare di fake news anche in campo scientifico.

Oltre ai lavori citati, ho 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 è centrato soprattutto sugli aspetti biochimici e fisiologici. Gli aspetti tipicamente nutrizionali e i risvolti medici e clinici sono utilizzati soprattutto come mezzi per capire i primi e/o come esempi.

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 esaminati soltanto per cenni o tralasciati del tutto.

Mi scuso anticipatamente con i miei Lettori per gli errori che, inevitabilmente, sono rimasti nel testo. Nella speranza che siano pochi (gli errori, non i Lettori), concludo queste poche parole introduttive.

L'Autore

Giuseppe Arienti è nato a Lissone, in provincia di Milano (ora Monza Brianza), nella prima metà del secolo scorso. 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 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 lo tenne finché la vita lo permise, anche se non è mai stato 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.

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

Giuseppe Arienti è anche autore di molti articoli di ricerca pubblicati su riviste internazionali, specialmente riguardanti argomenti relativi al metabolismo lipidico, agli effetti dell'etanolo su diversi parametri biochimici e sulle componenti non cellulari del liquido seminale. È anche autore di libri o di capitoli apparsi in libri italiani ed esteri.

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.

Principali acronimi e abbreviazioni

Cerco di definire le abbreviazioni man mano che esse si incontrano nel testo. Per comodità del lettore, riporto un elenco delle abbreviazioni più frequenti.

α T	RRR- α -tocoferolo	cAMP	AMP ciclico
ABCA1	ATP-binding cassette transporter A1 (trasportatore A1 a cassetta legante l'ATP)	Cas9	Proteina 9 associata al CRISPR
ABCG5/G8	Trasportatori intestinali di colesterolo	CD36	Cluster of differentiation 36
ACAT	Acil-CoA:colesterolo aciltrasferasi	CoA	Coenzima A
ACS(L)	Acil-CoA sintetasi (a lunga catena)	cDNA	Cloni di DNA complementare
ACTH	Ormone corticotropo	CDP	Citidina difosfato
ADH	Adiuretica	C/EBP	Fattore di trascrizione che si lega al box CAAT
ADP	Adenosina difosfato	cGMP	GMP ciclico
AI	Adequate intake (assunzione adeguata)	CHD	Coronary heart disease (malattia cardiaca coronarica)
Akt	Proteina chinasi B	ChRE	Carbohydrate responsive element (elemento di risposta ai carboidrati)
ALT	Alanina amminotrasferasi	ChREBP	Carbohydrate responsive element binding protein (proteina legante l'elemento di risposta ai carboidrati)
AMDR	Acceptable macronutrient distribution range (ambito di distribuzione accettabile di macronutrienti)	CLA	Acidi linoleici coniugati
AMP	Adenosina monofosfato (acido adenilico)	CoA	Coenzima A
AMPK	Proteina chinasi attivata dallo AMP	CoQ	Coenzima Q (ubichinone)
apo	Apolipoproteina	COX	Ciclossigenasi
AR	Average requirements (fabbisogno medio)	CMP	Citidina fosfato
ART	ADP-ribosiltrasferasi	CP	Creatina fosfato
ATP	Adenosina trifosfato	CPK	Creatine phosphokinase (creatina fosfochinasi)
ATPasi	ATP fosfoidrolasi	CRABP	Cellular retinoic acid binding protein (proteina cellulare legante l'acido retinoico)
BCCA	Branched-chain aminoacids (amminoacidi a catena ramificata)	CRALBP	Cellular retinaldehyde binding protein (proteina cellulare legante il retinale)
BCDO	β -carotene diossigenasi	CRBP	Cellular retinol binding protein (proteina cellulare legante il retinolo)
BCMO	β -carotene monossigenasi	CRE	cAMP-responsive elements (elemento di risposta al cAMP)
BEE	Basal energy expenditure (metabolismo basale estrapolato alle 24 ore)	CREB	CRE binding protein (proteina legante il CRE)
BH ₄	Tetraidrobiopterina		
BMI	Body mass index (vedi IMC)		
BMR	Basal metabolic rate (metabolismo basale)		
bp	Base pair (coppia di basi nel DNA)		
cal	Caloria		

CRH	Ormone ipotalamico rilasciante l'ormone adrenocorticotropo	FAD	Flavina adenina dinucleotide
CRISPR	Clustered regularly interspaced short palindromic repeats (brevi ripetizioni palindrome raggruppate e separate a intervalli regolari)	FAEE	Fatty acid ethyl ester (etil esteri ai acidi grassi)
CT	Calcitonina	FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
CTP	Citidina trifosfato	FATP	Fatty acid transport protein (proteine trasportatrici di acidi grassi)
CYP	Superfamiglia dei geni che codificano per idrossilasi dipendenti dal citocromo P ₄₅₀ . Il primo numero arabo indica la famiglia, la lettera la sottofamiglia e il secondo numero arabo il gene specifico.	FFA	Free fatty acids (acidi grassi liberi)
d	Giorno (d ⁻¹ , per giorno)	FIGLU	Formiminoglutammato
DAG	Diacilglicerolo	FMN	Flavina mononucleotide
DBP	Vitamin D binding protein (proteina legante la vitamina D)	FOXO	Forkhead family of transcription factors, subclass O
DCYTB	Citocromo <i>b</i> duodenale	FSH	Follicle stimulating hormone (ormone follicolo stimolante)
DHA	Docosaesaenoato	FXR	Farnesol X receptor (recettore X per il farnesolo)
DIT	Diiodotirosina	g	grammo
DMT	Divalent metal transporter (trasportatore di metalli bivalenti)	GABA	γ-amminobutirrato
DNA	Acido desossiribonucleico	Gas6	Proteina sintetizzata dal gene GAS6 (growth arrest specific 6)
DOPA	Diosifenilalanina	GDP	Guanosina difosfato
DRI	Dietary reference intake (assunzioni giornaliere di riferimento)	GH	Growth hormone (ormone della crescita)
DRV	Daily reference values (valori di riferimento giornalieri)	GHRH	Ormone ipotalamico rilasciante il GH
DS	Deviazione standard	GIP	Peptide gastroinibitorio
EAR	Estimated average requirements (bisogno medio stimato)	Gla	Carbossiglutammato
EER	Estimated energy requirements (bisogno stimato di energia)	GLP-1	Glucagon-like peptide 1 (peptide 1 simile al glucagone)
EET	Acidi epossieicosatrienoici	GLUT	Glucose transporters (trasportatori di glucosio)
eEF	Eukariotic elongation factor (fattore di allungamento eucariotico)	GMP	Guanosina monofosfato
EFSA	European food safety authority	GnRH	Ormone ipotalamico rilasciante le gonadotropine
EGF	Epidermal growth factor (fattore di crescita dell'epidermide)	GPx	Glutatione perossidasi
EM	Equivalenti metabolici – multipli del dispendio energetico a riposo corrispondenti a un consumo di ossigeno pari a 3,5 ml.kg ⁻¹ di peso corporeo.min ⁻¹ .	GTP	Guanosina trifosfato
EPA	Eicosapentaenoato	h	Ora (h ⁻¹ , per ora)
EPO	Eritropoietina	Hb	Emoglobina
EPOC	Excess post-exercise oxygen consumption (consumo extra di ossigeno post-esercizio)	HDL	High-density lipoproteins (lipoproteine a densità alta)
ER	Reticolo endoplasmatico	HIF	Hypoxia-inducible factors (fattori inducibili dall'ipossia)
ERAD	Endoplasmic reticulum associated degradation (degradazione associata al reticolo endoplasmatico)	HMG-CoA	3-idrossi-3-metilglutaril-CoA
ETF	Electron-transferring flavoprotein (flavoproteina trasferente elettroni)	HNF	Hepatocyte nuclear factor (fattore nucleare degli epatociti)
FABP	Fatty acid binding protein (proteina legante gli acidi grassi)	HPETE	Idrossiperossieicosapentaenoato
		HRE	Hormone responsive elements (tratti di DNA capaci di rispondere agli ormoni)
		HUFA	Highly unsaturated fatty acids
		IDD	Iodine deficiency disorders (disordini da deficienza iodica)
		IDL	Intermediate density lipoproteins (lipoproteine a densità intermedia)
		IGF	Insulin-like growth factor (fattore di crescita insulino-simile)
		IL	Interleuchina

IMC	Indice di massa corporea	MK-0	Menadione (vitamina K ₃)
IMP	Inosina monofosfato	MK-n	Menachinone-n (vitamina K ₂)
IMTG	Triacilgliceroli intramuscolari	MRE	Metabolic responsive element (elemento di risposta metabolica)
Insig	Insulin-induced gene	mRNA	RNA messaggero
IOM	Institute of Medicine – ora National Academy of Medicine	MSH	Ormone melanocita stimolante
IP ₃	Inositolo 1,4,5-trisfosfato	MT	Metallotioneina
IRE	Iron responsive elements (elementi di risposta al ferro)	MTTP	Microsomal triglyceride transfer protein
IREBP	Iron responsive elements binding protein (proteina che si lega agli elementi di risposta al ferro)	mTOR	Mammalian target of rapamycin (bersaglio della rapamicina nei mammiferi)
J	Joule	MUFA	Acidi grassi monoinsaturi
JAK	Chinasi Janus	NAD	Nicotinammide adenina dinucleotide
k	Prefisso per 10 ³	NADP	Nicotinammide adenina dinucleotide fosfato
K _m	Costante di Michaelis	NAFLD	Non alcoholic fatty liver disease (fegato grasso non alcolico)
LAF	Livello di attività fisica	NASH	Steatoepatite non alcolica
LARN	Livello di assunzione di riferimento di nutrienti ed energia per la popolazione italiana	NOAEL	No observed adverse effect level (livello per cui non si osservano effetti tossici)
LCAT	Lecithin:cholesterol acyltransferase (lecitina:colesterolo aciltrasferasi)	NOS	Nitric oxide synthase (NO sintasi)
LCT	Long-chain triacylglycerol (triacilgliceroli con acidi grassi a catena lunga)	NPD1	Neuroprotettina 1
LDL	Low-density lipoproteins (lipoproteine a densità bassa)	NPT	Nutrizione parenterale totale
LH	Luteinizing hormone (ormone luteinizzante)	NPU	Net protein utilization (utilizzazione proteica netta)
LOAEL	Lowest observed adverse effect level (livello più basso osservato di effetti avversi)	OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità
5LO	5-lipossigenasi	PA	Coefficiente di attività fisica
LPL	Lipoprotein lipase (lipasi lipoproteica)	PAL	Physical activity level (vedi LAF)
LRAT	Lecithin:retinol acyltransferase (lecitina:retinolo aciltrasferasi)	PAPS	3'-fosfoadenosil-5'-fosfosolfato
LRH-1	Liver receptor homolog-1 (omologo 1 del recettore epatico)	PARP	Poli(ADP-ribosio) polimerasi
LRNI	Lower reference nutrient intake (livello di riferimento più dell'apporto di nutrienti)	PCFT	Proton-coupled folate transporter (trasportatore di folato accoppiato a protoni)
LT	Leucotriene	PEM	Protein-energy malnutrition (malnutrizione calorico-proteica)
LXR	Liver X receptor (recettore epatico X)	PER	Protein efficiency ratio (rapporto di efficienza proteica)
LXRE	LXR response element (elemento della risposta dello LXR)	PG	Prostaglandina
M	Mega prefisso per 10 ⁶	PGC1	Coattivatore 1 del PPAR γ
Mb	Mioglobina	PGI	Prostaciclina
MCFA	Medium chain fatty acids (acidi grassi a catena media)	P _i	Fosfato inorganico
MCT	Monocarboxylate transporters (trasportatori di acidi monocarbossilici)	PIP	Fosfatidilinositolo fosfato
MCT	Medium-chain triacylglycerol (triacilgliceroli con acidi grassi a catena media)	PIP ₁	Fosfatidilinositolo bisfosfato
MET	Metabolic equivalents (vedi EM)	PIP ₂	Fosfatidilinositolo trisfosfato
miRNA	Micro-RNA	PKA	Proteina chinasi A
MIT	Monoiodotirosina	PKB	Proteina chinasi B, cfr.: Akt
MJ	Joule x 10 ⁶	PKC	Proteina chinasi C
		PLC	Fosfolipasi C
		PLP	Piridossal fosfato
		PPAR	Peroxisome proliferator activated receptor (recettore attivato dal proliferatore dei perossisomi)

PP1	Serina/treonina fosfatasi-1	snRNP	Small nuclear ribonucleotides (piccoli ribonucleotidi nucleari)
PPRE	Elemento di risposta del PPAR	SRE	Sterol regulatory element (elemento di regolazione degli steroli)
PRI	Population reference intake (assunzione di riferimento per la popolazione) crf.: RDA.	SREBP	Sterol regulatory-element-binding protein (proteina capace di legarsi allo SRE)
PTA	Proteina trasportatrice di acili	STAT	Trasduttore del segnale e attivatore della trascrizione
PTH	Paratormone	SVCT	Sodium-dependent vitamin C transporter
PUFA	Polyunsaturated fatty acids (acidi grassi polinsaturi)	T ₃	Triiodotironina
RAR	Retinoic acid receptor (recettore per l'acido retinoico)	T ₄	Tetraiodotironina (tiroxina)
RARE	Retinoic acid responsive element (elemento di risposta all'acido retinoico)	TAC	Tomografia assiale computerizzata
RARX	Retinoid X responsive element (elemento di risposta al retinoide X)	TATA box	Sequenza di Goldberg-Hogness TATA, situata 25-30 nucleotidi a monte del punto di inizio della trascrizione
RBP	Retinol binding protein (proteina legante il retinolo)	TCA	Tricarboxylic acid cycle – Ciclo di Krebs, ciclo degli acidi tricarbossilici, ciclo del citrato, metabolismo terminale
RCF	Reduced folate carrier	TBG	Thyroxine binding globulin (globulina legante la tiroxina)
RDA	Recommended dietary allowance (razione giornaliera raccomandata)	TEE	Total energy expenditure (consumo totale di energia)
RDI	Reference daily intakes (assunzioni giornaliere di riferimento)	TF	Fattore di trascrizione (transcription factor)
RE	Retinolo-equivalenti	THF	Tetraidrofolato
RE	Response element (elemento di risposta)	TIBC	Total iron binding capacity (capacità totale di legare il ferro)
REE	Resting energy expenditure (metabolismo a riposo estrapolato alle 24 ore)	TNF	Tumor necrosis factor (fattore di necrosi tumorale)
RI	Reference intake ranges for macronutrients, cfr.: AMDR.	TPP	Tiamina pirofosfato
RMR	Resting metabolic rate (metabolismo a riposo)	TRE	Time-restricted eating
RNA	Acido ribonucleico	TRH	Ormone ipotalamico rilasciante l'ormone tireostimolante
RNI	Reference nutrient intake (apporto di riferimento di nutrienti)	TSH	Ormone tireostimolante
ROS	Reactive oxygen species (specie reattive dell'ossigeno)	TTR	Thyroxin binding globulin (transiteretina)
RXR	Retinoid X receptor (recettore X per i retinoidi)	TX	Trombossano
S	Svedberg (coefficiente di sedimentazione)	UDP	Uridina difosfato
SAMe	S-adenosilmetionina	UI	Unità internazionale
SEPP1	Selenoproteina P	UL	Tolerable upper intake level (livello d'assunzione massima tollerabile)
SGLT	Sodium glucose transporters (trasportatori di sodio e glucosio)	UMP	Uridina monofosfato
SHP	Short heterodimeric partner (partner eterodimerico corto)	UPR	Unfolded protein response
SINU	Società Italiana di Nutrizione Umana	UTP	Uridina trifosfato
SIRT	Sirtuina	V _{max}	Velocità massima
SMI	Skeletal muscle index (indice muscolare scheletrico)	VDR	Vitamin D receptor (recettore per la vitamina D)
SMVT	Sodium-dependent multivitamin transporter (trasportatore multivitaminico dipendente da sodio)	VIP	Vasoactive peptide (peptide vasoattivo)
SOCC	Store-operated calcium channels (canali del calcio azionati dai depositi)	VLDL	Very low density lipoproteins (lipoproteine a densità molto bassa)
		WHO	World Health Organization (Organizzazione Mondiale della Sanità - OMS)

Tabelle di riferimento

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, 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 ¹⁸	Milli	m	10 ⁻³
Peta	P	10 ¹⁵	Micro	μ	10 ⁻⁶
Tera	T	10 ¹²	Nano	n	10 ⁻⁹
Giga	G	10 ⁹	Pico	p	10 ⁻¹²
Mega	M	10 ⁶	Femto	f	10 ⁻¹⁵
Chilo	k	10 ³	Atto	a	10 ⁻¹⁸

Alcune unità fisiche

Grandezza	Nome	Simbolo	Dimensioni
Corrente elettrica	Ampère	A	A
Concentrazione		c	kg.m ⁻³
Frequenza	Hertz	Hz	s ⁻¹
Densità			kg.m ⁻³
Differenza di potenziale elettrico	Volt	V	m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻¹
Energia	Joule Caloria	J cal	m ² .kg.s ⁻² 4,184 J
Forza	Newton	N	kg.m.s ⁻²
Lunghezza	metro	m	m
Massa	Chilogrammo Grammo	kg g	kg 0,001 kg
Potenza	Watt	W	kg.m.s ⁻³
Pressione	Pascal	Pa	m ⁻¹ .kg.s ⁻²
Quantità di sostanza	Mole		
Superficie	Metro quadro	m ²	
Temperatura	Kelvin	K °C (K -273,15)	
Tempo	Secondo Minuto Ora Giorno	s min (60 s) h (60 m, 3600 s) d (24 h, 86.400 s)	s
Velocità lineare			m.s ⁻¹
Velocità angolare		ω	Rad.s ⁻¹
Volume	Metro cubo Litro	l (0.001 m ³)	m ³

Costanti matematiche

π	≈ 3,14159
e	≈ 2,71828
log ₁₀ x	≈ 2,303 log _e x

Costanti fisiche

Elettronvolt	eV	≈ 1,602 x 10 ⁻¹⁹ J
Costante di Boltzmann	K	≈ 1,381 x 10 ⁻²³ J.K ⁻¹
Costante di Faraday	F	≈ 96.485 J.mol ⁻¹ di elettroni
Costante Universale dei gas	≈ 8,314 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹	
Numero di Avogadro	N	≈ 6,022 x 10 ²³ mol ⁻¹
Unità di massa atomica (Dalton)	u o Da	≈ 1,661 x 10 ⁻²⁴ g

Indice generale

1 UOMO E NUTRIENTI	1	Gli equilibri chimici	23
2 LA CELLULA	5	Reazioni accoppiate	24
Classificazione delle cellule	6	I composti del fosfato ad alto contenuto energetico	24
L'approccio morfologico:		Il potenziale di trasferimento del fosfato	25
la microscopia	6	L'idrolisi di ATP nelle condizioni cellulari	26
La microscopia ottica	6	La carica energetica	26
La microscopia elettronica	6		
L'approccio biochimico:		5 LA COMPOSIZIONE DEL CORPO UMANO IN VIVO	27
il frazionamento cellulare	7	Metodi per lo studio della composizione corporea	28
Centrifugazione	7	Grasso corporeo a partire dalla densità	29
Organelli isolati	7	[⁴⁰ K]	30
Membrana plasmatica	8	Assorbimento di raggi X a doppia energia	30
Nucleo	9	Tomografia assiale computerizzata e risonanza magnetica	30
Reticolo endoplasmatico	9	Attivazione neutronica	30
Apparato di Golgi	9	Bioimpedenza	30
Vescicole secretorie	9	Antropometria	31
Lisosomi	10	Misura delle circonferenze	32
Mitocondri	10	Misura dei compartimenti fluidi	32
Perossisomi	10	Scelta della tecnica da utilizzare	33
Citosol	10	Modelli del corpo umano	33
La struttura delle cellule batteriche	11	Modelli a vari livelli	34
I virus	11	La persona di riferimento	36
		Influenza dell'attività fisica sulla composizione corporea	38
3 LA CHIMICA DELLA VITA	13	Peso corporeo e altezza	38
I legami chimici in biologia	14		
Legami covalenti	14	6 IL BISOGNO DI ENERGIA	43
Legami non covalenti	14	Energia ottenibile dai vari substrati	44
Il carbonio	15	Il consumo di energia	44
Alcune reazioni di gruppi funzionali	15	Consumo energetico basale e a riposo	45
Gli isomeri	16	Termogenesi indotta dagli alimenti	47
L'acqua	17	Termoregolazione	47
Il pH	18	Attività fisica	47
Caratteristiche molecolari dei viventi	19		
4 RICHIAMI DI TERMODINAMICA	21		
La termodinamica	21		
Il primo principio della termodinamica	22		
Il secondo principio della termodinamica	23		

Attività fisica e stile di vita	53	Stomaco	103
Misura della potenza erogata	54	Intestino tenue	105
Determinazione del consumo		Colon	105
energetico	55	Influenza di alimenti e nutrienti sulla	
Spirometria	55	funzione intestinale	106
Metodo dell'acqua doppiamente		Glutammina	106
marcata	56	Glutammato	107
Modelli del metabolismo energetico . . .	59	Arginina	107
Gestione dell'energia	59	Glutazione e altri antiossidanti	
Relazione tra peso e composizione		alimentari nei disordini intestinali . . .	107
corporea	60	Acidi grassi a corta catena	107
Bilancio energetico	62		
Bilancio tra macronutrienti	63	9 GLICIDI: STRUTTURA	109
Effetto del rapporto tra		Natura chimica e classificazione	109
macronutrienti	63	Monosaccaridi	112
Termogenesi adattativa	64	Oligosaccaridi	114
Necessità energetiche	64	Polisaccaridi	115
		Polisaccaridi di deposito	115
7 STANDARD NUTRIZIONALI	69	Polisaccaridi strutturali	117
Nutrienti essenziali o indispensabili . .	70	Glicosamminoglicani	117
Il concetto di essenzialità			
condizionata	71	10 DIGESTIONE E	
Modificazione dei bisogni di		ASSORBIMENTO	
nutrienti essenziali	72	DEI GLICIDI	119
Benefici per la salute non legati		Idrolisi dell'amido	119
all'essenzialità	73	Digestione degli oligosaccaridi e dei	
Effetti farmacologici dei nutrienti . . .	74	disaccaridi	120
La biodisponibilità	74	Risposta glicemica agli alimenti	121
La variabilità del bisogno: l'approccio		Indice glicemico	121
probabilistico	75	Trasportatori di glucosio – GLUT	123
Concetto di bisogno	76	GLUT1 – cervello e globuli rossi	123
Le Tabelle di Assunzione di		GLUT2 – fegato	124
Riferimento di Nutrienti	76	GLUT3 – cervello	124
Criteri di adeguatezza dell'assunzione		GLUT4 – sensibile all'insulina	124
di nutrienti in rapporto allo sviluppo		GLUT5 – trasportatore di fruttosio . . .	125
di una deficienza	80	GLUT6 – sequenza tipo pseudogene .	125
Valutazione dello stato di nutrizione .	82	GLUT7– trasportatore microsomiale	
Determinazione dei bisogni	83	epatico	125
Bisogni di gruppi	84	Altri GLUT	125
L'energia	84	I cotrasportatori di Na ⁺ e glucosio –	
Quando i nutrienti diventano tossici .	85	sodium-glucose transporters (SGLT) .	125
La qualità della dieta	86	Trasporto intestinale di glicidi	126
Usi delle tabelle	86	Il GLUT2 apicale	126
Le linee guida alimentari	86		
La fortificazione dei cibi	88	11 FIBRA ALIMENTARE E	
		ALIMENTI FUNZIONALI	131
8 L'INTESTINO:		Definizione di fibra	132
STRUTTURA E FUNZIONI	93	Composizione chimica	133
Canale gastroenterico	93	Cellulosa	133
Regolazione dell'attività intestinale . . .	97	Chitina	133
L'enterocita	97	β-glucani	134
Le secrezioni	99	Gomme	134
La flora batterica	99	Emicellulose	134
Attività metaboliche della flora		Inulina e oligofruttosio	134
batterica	100	Lignina	134
Interazioni tra componenti alimentari . .	102	Pectine	134
Caratteristiche di alcuni tratti del		Polidestrosio	134
canale gastroenterico	103	Destrine resistenti	134

Amido resistente	135	Imminoacido: prolina	170
Altre sostanze associate alla fibra		Catene laterali acide:	
alimentare	135	aspartato e glutammato	170
Proprietà fisiche e chimiche della fibra	135	Ammidi: asparagina e glutammina ..	170
Capacità di trattenere acqua	135	Amminoacidi con catene laterali	
Viscosità	135	basiche: istidina, lisina e arginina . . .	171
Capacità di adsorbimento	136	Modificazioni post-traduzionali	171
Effetti fisiologici	136	Amminoacidi non presenti nelle	
Svuotamento gastrico e senso		proteine	171
di sazietà	136	Peptidi	172
Intestino tenue	136		
Intestino crasso	136	15 STRUTTURA DELLE	
Usi terapeutici dei		PROTEINE	173
vari tipi di fibra	137	Livelli strutturali delle proteine	174
Gli alimenti funzionali	139	Struttura primaria	174
Probiotici	140	Struttura secondaria	175
Prebiotici	141	Struttura terziaria	178
		Struttura quaternaria	179
		Mioglobina ed emoglobina	179
12 LIPIDI: ASPETTI		Il ripiegamento – folding –	
STRUTTURALI	145	delle proteine	181
Acidi grassi	146		
Triacilgliceroli	149	16 DIGESTIONE DELLE	
Fosfolipidi	150	PROTEINE E ASSORBIMENTO	
Colesterolo	151	DEGLI AMMINOACIDI	183
Altre sostanze presenti nei grassi		Enzimi digestivi	184
alimentari	152	Digeribilità	186
		Assorbimento degli amminoacidi	187
13 DIGESTIONE E		Trasporto degli amminoacidi attraverso le	
ASSORBIMENTO DEI LIPIDI ..	155	membrane	188
Lipasi linguale	156	Trasporto di di- e tripeptidi	188
Lipasi gastrica	156		
Lipasi pancreatiche	156	17 LE MEMBRANE BIOLOGICHE ..	191
Assorbimento di acidi grassi e		Struttura delle membrane	192
monoacilgliceroli	158	Organizzazione dei lipidi	192
Steroli	158	Organizzazione delle proteine	193
Fattori che influenzano l'assorbimento		L'organizzazione strutturale delle	
di colesterolo	159	membrane	193
Inibitori del trasporto intestinale del		Passaggio di nutrienti attraverso	
colesterolo	160	le membrane	195
Malassorbimento	161	I trasportatori – Diffusione facilitata ..	196
Metabolismo lipidico		Trasporto attivo	197
negli enterociti	162	Cotrasporto	199
Trasporto	163		
		18 GLI ENZIMI	201
14 STRUTTURA DI		Enzimi	201
AMMINOACIDI E PEPTIDI ..	165	Il sito attivo	202
Gli amminoacidi delle proteine	165	Specificità delle reazioni enzimatiche ..	203
Classificazione degli amminoacidi	169	Classificazione degli enzimi	203
Piccoli amminoacidi neutri: glicina e		Alcuni fattori che influenzano	
alanina	169	la velocità delle reazioni catalizzate	
Amminoacidi a catena ramificata:		da enzimi	203
valina, leucina, isoleucina	169	Relazione tra velocità delle reazioni	
Amminoacidi aromatici:		enzimatiche e concentrazione del	
triptofano, tirosina e fenilalanina . . .	169	substrato	204
Amminoacidi che contengono gruppi		Alcuni commenti sul modello di	
idrossilici: serina e treonina	170	Michaelis e Menten	205
Amminoacidi solforati:		Misura dell'attività enzimatica	206
cisteina e metionina	170		

Reazioni a più substrati	206	21 SINTESI DELLE PROTEINE	243
Meccanismi di catalisi	206	Struttura del ribosoma	243
Regolazione e controllo dell'attività enzimatica	207	Sintesi dei ribosomi	244
Allosteria	207	RNA messaggero – mRNA – e codice genetico	244
Modificazioni covalenti	208	Natura del codice genetico	244
Appendice – Altre considerazioni sul modello di Michaelis e Menten	209	RNA transfer – tRNA	246
Inibitori	210	Struttura del tRNA	246
Reazione in presenza di prodotti	211	Come il tRNA riconosce i codoni	246
Cinetica e termodinamica	211	Attivazione degli amminoacidi	247
19 INTRODUZIONE AL METABOLISMO	213	Le amminoacil-tRNA sintetasi	247
Anabolismo e catabolismo	213	La traduzione	248
Scambi di materiali tra organi	214	Iniziazione	248
I tempi del metabolismo	215	Allungamento	249
Regolazione e controllo di vie metaboliche	216	Terminazione	251
Considerazioni termodinamiche	217	Richieste energetiche per la sintesi proteica	251
Considerazioni cinetiche	218	Sintesi proteica mitocondriale	251
Principi di regolazione e controllo	218	Processi post-traduzionali nella sintesi di proteine	251
La teoria dell'analisi del controllo metabolico	219	Maturazione di proteine per scissione idrolitica	251
Strutture di controllo nel metabolismo	220	Altre modificazioni post-traduzionali	252
I cicli futili	220	Sintesi di proteine destinate alla secrezione	252
Pool metabolici	221	22 REGOLAZIONE DELL'ESPRESSIONE GENICA	255
Depositi e riserve	221	Topografia del gene	256
Il bilancio	222	Regolazione dell'espressione genica e differenziazione cellulare	257
Come si studia il metabolismo	222	L'induzione e la soppressione dell'espressione genica	258
20 FUNZIONE GENETICA DEGLI ACIDI NUCLEICI	225	Interazione tra proteine e acidi nucleici come base per una regolazione specifica del gene	258
Cromosomi	226	Motivi strutturali di proteine leganti il DNA	259
Nucleosomi	226	Ruolo della conformazione del DNA nelle interazioni tra DNA e proteine	259
Strutture di ordine più elevato	227	I principi della regolazione della trascrizione	260
Flusso dell'informazione genetica	227	Regolazione dell'attività degli attivatori della trascrizione	262
La struttura degli acidi nucleici	228	Repressione della trascrizione	264
La struttura covalente	228	Struttura della cromatina e attivazione della trascrizione	264
La struttura a doppia elica del DNA	228	Metilazione del DNA	265
Proprietà fisiche del DNA	230	Regolazione post-trascrizionale dell'espressione genica	266
Separazione dei filamenti	230	Modificazioni alle estremità 5'- e 3'- del pre-mRNA	266
La duplicazione del DNA	230	Splicing alternativo	266
La duplicazione semi-conservativa	231	I micro-RNA	267
Gli enzimi coinvolti nella duplicazione del DNA	231	La regolazione a livello di traduzione Epigenetica	268
Fasi della duplicazione del DNA	232	Epigenetica e nutrizione	269
Telomerasi	233	Epigenetica e cancro	269
Trascrizione	234		
Terminazione	236		
Modificazioni dello RNA nascente	237		
Modificazioni all'estremità terminale 3'	237		
Il cappuccio all'estremità 5'	237		
Lo "splicing"	237		
Alcune considerazioni tecniche e applicative	238		

23 MECCANISMI DELL'AZIONE ORMONALE	271	26 LA CATENA RESPIRATORIA E LA FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA	311
Il recettore per gli ormoni	274	Reazioni di ossidoriduzione	311
Ormoni del gruppo I	275	Catena respiratoria	312
Schema fondamentale della trasduzione del segnale degli ormoni di tipo I	275	Fosforilazione ossidativa	315
Classificazione e struttura dei recettori nucleari	275	Accoppiamento	316
Ormoni del gruppo II	276	Trasporto di metaboliti attraverso la membrana mitocondriale	316
Tipi di recettori	276	"Shuttles"	317
Aggregazione di recettori e internalizzazione	277	Regolazione del metabolismo energetico	319
I secondi messaggeri	278	Regolazione <i>in vitro</i>	319
La superfamiglia delle proteine G: funzioni generali e meccanismo. . . .	278	Regolazione nell'animale <i>in toto</i>	320
Il sistema dello AMP ciclico – cAMP	280	Importanza nutrizionale della regolazione negli organismi superiori . .	322
Il sistema del fosfatidilinositolo. . . .	281	Accoppiamento ossidazione/ fosforilazione	322
Il calcio.	283	27 METABOLISMO DEL GLUCOSIO: GLICOLISI, GLUCONEOGENESI E VIA OSSIDATIVA DIRETTA	325
Sistemi che agiscono tramite un'attività tirosina chinasi legata al recettore	285	Glucosio libero	325
Sistemi che attivano una tirosina chinasi separata dal recettore	287	La fosforilazione del glucosio	325
Sistemi che dipendono dal GMP ciclico – cGMP – e dal monossido di azoto – NO	288	Regolazione della glucochinasi	327
Regolazione dei trasportatori di membrana	289	Glicolisi	328
Apertura di canali ionici	289	Le tappe della glicolisi	329
Il sistema della chinasi AMP-dipendente	289	Gluconeogenesi	332
Il sistema mTOR	290	Regolazione della glicolisi e della gluconeogenesi	334
Meccanismi molecolari dell'azione dello mTOR.	291	Regolazione allosterica	334
24 NUTRIGENOMICA	295	Regolazione tramite espressione genica	336
Alcuni aspetti della nutrigenomica	296	La via dei pentosi fosfati	336
Segnali nutrizionali: dal nutriente al gene	297	Fase ossidativa	336
Recettori e sensori metabolici	298	Fase non ossidativa	337
Polimorfismo	299	Significato metabolico della via ossidativa diretta	338
Strumenti molecolari per la ricerca in nutrizione	300	28 IL METABOLISMO DEL GLICOGENO	343
Nutrigenetica e diete personalizzate . . .	300	Metabolismo del glicogeno	343
Biologia di sistemi	300	Biosintesi del glicogeno	344
25 IL METABOLISMO TERMINALE	303	Demolizione del glicogeno.	346
L'acetil-CoA	303	Regolazione della glicogenolisi e della glicogenosintesi	346
Il ciclo citrico – TCA	304	Iperglicemia e iperglicemia	348
Regolazione del ciclo citrico	307	29 METABOLISMO DI ZUCCHERI DIVERSI DAL GLUCOSIO	349
Decarbossilazione ossidativa del piruvato	308	Il fruttosio	349
Regolazione della decarbossilazione ossidativa del piruvato	309	Metabolismo del sorbitolo	352
		Utilizzazione del galattosio	352
		Conversione galattosio/glucosio	353
		Vie alternative	354
		Amminozuccheri	354

30 CONSIDERAZIONI NUTRIZIONALI SUL METABOLISMO DEI GLICIDI	357	Regolazione dell'acetil-CoA carbossilasi	393
Pool di glucosio	357	Regolazione dell'acido grasso sintasi	395
Concentrazione ematica di glucosio	358	Lipogenesi e carboidrati	395
Ormoni del metabolismo glicidico	359	Regolazione ormonale	396
Ruolo del fegato nell'omeostasi glicidica	360	34 METABOLISMO DEI TRIACILGLICEROLI E DEI FOSFOLIPIDI	399
Glicogenolisi	360	Enzimi della biosintesi di triacilgliceroli e glicerofosfolipidi	399
Gluconeogenesi	360	Glicerolo 3-fosfato aciltrasferasi	399
Produzione di glucosio durante il digiuno	362	Lisofosfatidato aciltrasferasi	400
Esercizio	362	Fosfatidato fosfoidrolasi	401
Importanza alimentare	362	Diidrossiacetone fosfato aciltrasferasi	402
Il bisogno di glicidi	363	Monoacilglicerolo aciltrasferasi	403
31 IL CATABOLISMO DEGLI ACIDI GRASSI	365	Diacilglicerolo aciltrasferasi	403
Ingresso di acidi grassi a lunga catena nelle cellule: trasporto e diffusione	366	Vie alternative per la biosintesi dei triacilgliceroli	404
Determinanti del trasporto degli acidi grassi	366	Catabolismo degli acilgliceroli	404
CD36	368	Metabolismo dei triacilgliceroli nel tessuto adiposo	404
Formazione degli acil-CoA	368	Lipasi ormono-sensibile	405
Le FATP/ASCVL – fatty acid transport protein/acyl-CoA synthetase very long chain	370	Regolazione a breve termine della lipolisi	405
Il sistema della carnitina	370	Regolazione coordinata nella membrana mitocondriale esterna	408
La β-ossidazione	370	Regolazione a livello delle ramificazioni metaboliche	408
La β -ossidazione nei mitocondri	371	Pool e canalizzazioni metaboliche di lipidi	408
La β -ossidazione nei perossisomi	372	Metabolismo di alcuni fosfolipidi	409
Vie minori per l'ossidazione degli acidi grassi	374	Idrolisi	409
α -ossidazione	374	Biosintesi dei glicerofosfolipidi	409
ω -ossidazione	374	Biosintesi di cardiolipina, fosfatidilinositolo e fosfolipidi eteri	409
Regolazione della β-ossidazione	374	Lipidi della sfingosina	409
Ossidazione degli acidi grassi insaturi	376	35 BIOSINTESI E DEGRADAZIONE DEL COLESTEROLO	415
Ossidazione di acidi grassi con un numero dispari di atomi di carbonio	377	Assorbimento del colesterolo	415
32 CORPI CHETONICI	381	Contenuto corporeo	416
Formazione dei corpi chetonici	381	Generalità sul metabolismo del colesterolo	416
Regolazione della chetogenesi	383	Biosintesi del colesterolo	416
Funzione dei corpi chetonici	383	Regolazione della biosintesi del colesterolo	418
Vie di utilizzazione dei corpi chetonici	384	Catabolismo del colesterolo e formazione degli acidi biliari	422
Chetosi	384	Colesterolo alimentare e colesterolo plasmatico	425
33 BIOSINTESI DEGLI ACIDI GRASSI	387	36 ACIDI GRASSI INSATURI	427
Formazione del malonil-CoA	387	Le desaturasi	427
Acido grasso sintasi	388	Funzioni delle desaturasi	429
Allungamento degli acidi grassi	391	Stearoil-CoA desaturasi	429
Origine degli equivalenti riducenti e dell'acetato per la biosintesi degli acidi grassi	391	Δ^5 e Δ^6 desaturasi	429
Controllo della biosintesi degli acidi grassi	392		

Alcune funzioni dei PUFA	430	Proteine	467
Via della desaturasi e implicazioni sui bisogni alimentari di PUFA	431	Iperlipidemia post-prandiale	467
Regolazione delle desaturasi tramite lipidi alimentari	431	Acidi grassi saturi	467
Eicosanoidi	432	Iperlipidemie	469
Sintesi degli eicosanoidi	432	39 ETANOLO	473
Eicosanoidi, funzione endoteliale, trombosi, infiammazione e aterosclerosi	433	 Bevande alcoliche	474
Eicosanoidi non classici	435	Dosi moderate di alcol e salute umana	474
37 REGOLAZIONE DI GENI DEL METABOLISMO LIPIDICO	439	Il vino	475
 Recettori nucleari metabolici e fattori di trascrizione: distribuzione tra tessuti	440	 Assorbimento	476
PPAR – recettore attivato dal proliferatore dei perossisomi	440	 Metabolismo e valore nutrizionale dell’etanolo	476
LXR – recettore epatico X	441	Velocità del metabolismo dell’etanolo	478
FXR – recettore per i farnesoidi	441	 La via dell’alcol deidrogenasi – ADH – e i disordini metabolici associati a questo sistema	478
PXR – recettore X per il pregnano	441	Isoenzimi dell’alcol deidrogenasi – ADH	479
LRH-1 – omologo 1 del recettore epatico	442	ADH extraepatica	479
SHP – partner eterodimerico piccolo	442	Ruolo patogenetico del polimorfismo dell’ADH	479
C/EBP	442	 Sistema microsomiale per l’ossidazione dell’etanolo – MEOS	479
 Regolazione del metabolismo lipidico tramite l’espressione genica	442	 Metabolismo dell’etanolo e suoi effetti biochimici	480
PPAR	442	Acetaldeide	481
SREBP	445	Acetato	481
ChREBP	446	 Infiammazione –	
LXR – Recettore epatico X	447	 Malattia epatica alcolica	481
PXR/SXR e il metabolismo di endo- e xenobiotici	448	La malattia epatica alcolica	481
Recettore nucleare 4 α degli epatociti – hepatocyte nuclear factor 4 α ; HNF-4 α	448	 Effetti sistemici dell’alcol	483
Inibitore- κ B/Fattore nucleare- κ B	448	Effetti sul tratto gastroenterico	483
mTOR	449	Sistema cardiovascolare	483
Micro-RNA	450	Pancreas	483
 Regolazione epatica di fattori di trascrizione	450	Altri organi e sistemi	483
38 LE LIPOPROTEINE	453	Alcol e cancro	483
 Composizione e classificazione	453	Sindrome alcolica fetale	484
 Le apolipoproteine	455	 Effetti farmacologici dell’alcol	484
 Il metabolismo delle lipoproteine	456	 Effetti metabolici dell’alcol	486
Chilomicroni	457	Effetti sul metabolismo dei carboidrati	486
VLDL – Very Low Density Lipoproteins	459	Effetto sul metabolismo dell’urato	486
LDL – Low Density Lipoproteins	460	Effetto sul metabolismo dei lipidi	486
HDL – High Density Lipoproteins	461	Etanolo ed espressione genica	486
 Prodotti catabolici delle lipoproteine	463	 Stato nutrizionale degli alcolisti	487
 Il colesterolo LDL	463	Osservazioni generali	487
 Regolazione alimentare delle lipoproteine plasmatiche	464	Vitamina A	489
Colesterolo alimentare	465	Amminoacidi e proteine	489
Energia e zuccheri	465	Tiamina	489
		Vitamina B ₆	489
		Vitamina C	489
		Folato e S-adenosilmetionina	489
		Altre vitamine e minerali	490
		 Terapia nutrizionale dell’alcolismo	490
		 Identificazione degli alcolisti	491

40 CONSIDERAZIONI NUTRIZIONALI SUI GRASSI ALIMENTARI	495	Treonina	526
Grassi alimentari	496	Idrossiprolina	528
Assunzione inadeguata di grassi	497	Aminoacidi che formano acetil-CoA ..	528
Acidi grassi polinsaturi	498	Fenilalanina e tirosina	528
Effetti degli eccessi di consumo	498	Tryptofano	529
Considerazioni nutrizionali	498	Lisina	531
Acidi grassi essenziali	499	Aminoacidi che formano	
Colesterolo	499	chetoglutarato	532
Salute cardiovascolare	499	Glutammato	532
Acidi grassi saturi	500	Arginina	532
Acidi grassi <i>trans</i>	501	Istidina	532
Acidi grassi polinsaturi	501	Aminoacidi che formano	
Acidi grassi essenziali e sviluppo	503	succinil-CoA	532
Acidi grassi e funzioni nervosa e visiva	503	Metionina	533
I recettori FFA	504	Il frammento monocarbonioso	533
Funzioni fisiopatologiche dello		Biosintesi degli aminoacidi	534
FFA4	505	Aminoacidi non essenziali	534
Tossicità di alcuni lipidi alimentari ..	507	Aminoacidi essenziali	535
Acidi grassi <i>trans</i>	507		
Perossidazioni lipidiche	507	43 METIONINA E CISTEINA:	
Acidi grassi e mortalità	508	METABOLISMO DEGLI	
Acidi grassi e tumore della		AMMINOACIDI SOLFORATI ..	537
mammella	509	Assorbimento degli aminoacidi	
		solforati	537
		Metionina	538
		Rimetilazione dell'omocisteina	539
		Transulfurazione dell'omocisteina ...	539
		Decarbossilazione della	
		S-adenosilmetionina	540
		Regolazione della rimetilazione e	
		della transulfurazione	540
		Omocisteina e demenze	541
		Cisteina	542
		Glutazione	543
		Cisteina sulfinato	544
		Tossicità	544
		Taurina	544
		Biosintesi della taurina	545
		Taurina alimentare	545
		Deficienza di taurina	545
		Stress ossidativo	546
		Zolfo inorganico	546
		Solfuro	547
		Solfato	548
		44 GLUTAMMINA, PROLINA	
		E AMMINOACIDI	
		A CATENA RAMIFICATA	551
		Glutammina	551
		Digestione, assorbimento,	
		biodisponibilità ed escrezione	552
		La glutammina come trasportatore	
		di azoto	552
		La glutammina come intermedio del	
		metabolismo	552
		Cause ed effetti della deficienza di	
		glutammina	552
		Prolina	553
41 AMMINOACIDI: IL DESTINO DELL'AZOTO AMMINICO	515		
Caratteristiche generali del metabolismo dell'azoto di proteine e aminoacidi ..	515		
Degradazione specifica delle proteine nella			
via ubiquitina-proteasomi	516		
Rimozione del gruppo amminico	516		
Reazioni di transaminazione	518		
Ruolo catabolico delle			
transamminasi	518		
Ruolo anabolico delle			
transamminasi	518		
Reazioni di deaminazione	518		
Deaminazioni ossidative	519		
Deaminazioni non ossidative	520		
Ammoniaca	520		
Glutammato deidrogenasi	520		
Glutammina sintetasi	520		
Sintesi del carbammilfosfato	521		
Il ciclo dell'urea	521		
Connessioni tra ciclo dell'urea e			
TCA	523		
Regolazione del ciclo dell'urea	523		
42 METABOLISMO DI SINGOLI AMMINOACIDI	525		
Aminoacidi che formano piruvato ..	526		
Glicina	526		
Serina	526		
Alanina	526		
Cisteina	526		

Amminoacidi a catena ramificata: leucina, isoleucina e valina.	555	47 PURINE E PIRIMIDINE	591
45 ARGININA E NO	559	Metabolismo delle purine	592
Metabolismo dell'arginina	560	Sintesi <i>de novo</i>	592
Metabolismo della citrullina	561	Interconversioni di nucleotidi	593
La via dell'ossido nitrico	561	Vie di recupero	593
Ruoli biologici dello NO	563	Catabolismo delle purine e	
Stabilità e reattività dello NO	563	formazione di urato	597
Arginine metilate	563	Iperuricemia e gotta	598
46 CONSIDERAZIONI		Biosintesi delle pirimidine	599
NUTRIZIONALI SUGLI		Catabolismo delle pirimidine	599
AMMINOACIDI	565	Biosintesi dei desossiribonucleotidi ...	600
Metabolismo degli amminoacidi liberi ..	566	48 INTEGRAZIONE	
Amminoacidi essenziali	566	METABOLICA DI GLICIDI,	
Turnover delle proteine	568	LIPIDI E AMMINOACIDI	603
Regolazione del turnover proteico ...	568	Schemi metabolici generali	603
Amminoacidi e turnover proteico ...	569	Il metabolismo in diversi organi	604
Misura del turnover proteico	570	Fegato	604
Metodo fattoriale	570	Muscolo	606
Differenze arteriovenose	571	Tessuto adiposo	606
Il metodo del prodotto terminale ...	571	Sistema nervoso	606
Bisogno di proteine	572	Regolazione ormonale del	
Terminologia	572	metabolismo	607
Esigenze metaboliche di		Ormoni pancreatici	607
amminoacidi	572	Catecolammine	614
Valutazione del bisogno	574	Ormoni tiroidei	615
Assunzioni di riferimento per		Glucocorticoidi	615
le proteine	575	Somatotropo	616
Bisogno di amminoacidi essenziali ...	576	Eicosanoidi e citochine	616
Metodo dell'ossidazione diretta ...	576	Ormoni intestinali	616
Metodo dell'ossidazione di		Ormoni cardiovascolari	617
un amminoacido indicatore	577	Ormoni sessuali	618
Metodo del bilancio del tracciante		Nutrienti ed espressione genica	618
per 24 ore	577	49 INTRODUZIONE ALLE	
Casi particolari	578	VITAMINE	621
Valore nutrizionale delle proteine:		Definizioni e nomenclatura	622
la qualità proteica	578	Metodi di analisi e di dosaggio	625
Effetti clinici della malnutrizione		Biodisponibilità	626
proteica	581	Bisogno	627
Effetti avversi degli amminoacidi e		Assunzioni di riferimento	628
delle proteine	581	Sorgenti alimentari	628
Effetti avversi di singoli		Le vitamine come coenzimi	628
amminoacidi	582	Stato di nutrizione vitaminico	
Consumo proteico e speranza di vita ..	582	nell'uomo	628
Alcune caratteristiche del metabolismo		Tossicità	629
degli amminoacidi	583	50 VITAMINA C	633
Il fegato nel metabolismo degli		Struttura	633
amminoacidi	583	Biosintesi	635
Interazioni tra organi nel metabolismo		Assorbimento e distribuzione	635
degli amminoacidi	583	Contenuto corporeo ed escrezione	637
Metabolismo degli amminoacidi		Azioni riducenti dell'ascorbato	637
durante l'assorbimento intestinale ...	584	Ruoli proossidanti e antiossidanti	
Periodo postassorbitivo	585	dell'ascorbato	638
Incorporazione di amminoacidi in altri		Cofattore per enzimi	638
composti	586	Reazioni di idrossilazione: diossigenasi	
		cui partecipa il ferro	638

Reazioni di idrossilazione: monossigenasi cui partecipa il rame	641	Metabolismo	667
Reazioni di idrossilazione dipendenti dal citocromo P ₄₅₀	642	Sintesi netta dal triptofano	667
Stimolazione di alcuni enzimi tramite l'aggiunta di ascorbato <i>in vitro</i>	643	Vie di recupero	669
Reazioni di demetilazione	643	Ossidoriduzioni	671
Metabolismo del ferro	645	Enzimi che consumano il NAD	671
Eliminazione dei radicali liberi e interazione con la vitamina E	645	Reazioni cataboliche a carico di nicotinato e nicotinammide con formazione di prodotti di rifiuto	676
Interrelazioni tra ascorbato e NO	645	Pellagra	677
Interazione con i metalli pesanti	646	Deficienza di altri nutrienti nell'etiologia della pellagra	678
Altri effetti possibili o ipotizzati della vitamina C	646	Effetti pellagrogeni dell'eccesso di leucina	678
Inibizione della formazione di nitrosammine	646	Pellagra iatrogena	678
Funzioni immunologiche	646	Errori del metabolismo	678
Profilassi e cura del raffreddore	646	Usi non nutrizionali della niacina	678
Presenza nei cibi	646	Stato nutrizionale	679
Fattori che influenzano il metabolismo della vitamina C	647	Bisogni di niacina	679
Deficienza di vitamina C	647	53 TIAMINA	683
Deficienza marginale	647	Caratteristiche della tiamina	683
Scorbuto	647	Tiamina alimentare	685
Valutazione dello stato di nutrizione	648	Assorbimento	685
Escrezione urinaria	648	Metabolismo	686
Livelli plasmatici e leucocitari	649	Ruoli metabolici della tiamina	686
Marker del danno ossidativo del DNA	649	Deficienza di tiamina	687
Considerazioni per stabilire il livello di assunzione	649	Berberi	688
Considerazioni particolari	651	Alcolismo	689
Controindicazioni e tossicità	651	Senilità	690
Individui suscettibili a effetti avversi	651	Valutazione dello stato di nutrizione	690
Interazioni con altri nutrienti	651	Bisogni	691
51 BIOTINA – VITAMINA H	655	54 PANTOTENATO	695
Struttura chimica	656	Assorbimento ed escrezione	695
Digestione e trasporto	656	Metabolismo e ruoli metabolici	696
Aspetti biologici e metabolici	656	Deficienza	697
Funzioni	657	Usi farmacologici	698
Acetil-CoA carbossilasi	659	Tossicità	698
Piruvato carbossilasi	660	55 RIBOFLAVINA	699
Propionil-CoA carbossilasi	660	Digestione e assorbimento	700
Metilcrotonil-CoA carbossilasi	660	Metabolismo	703
Altre azioni	660	Ruoli biochimici della riboflavina	704
Valutazione dello stato nutrizionale	660	I coenzimi flavinici: FAD e FMN	704
Bisogni	661	Deficienza	708
Deficienza	661	Stato nutrizionale	710
Deficienze di enzimi che metabolizzano la biotina	661	Bisogni	710
Situazioni in cui si può presentare una deficienza di biotina	662	Impieghi farmacologici	710
Deficienza in specie diverse dall'uomo	662	Tossicità	710
52 NIACINA	665	56 VITAMINA B₆	713
Assorbimento ed escrezione	666	Assorbimento e biodisponibilità	714
		Sorgenti alimentari	714
		Assorbimento	714
		Biodisponibilità	714
		Metabolismo	714
		Vitamina B ₆ nel muscolo	716
		Modalità di azione	716

Ruoli metabolici del piridossal fosfato	717	Stato di nutrizione	745
α -decarbossilazione	717	Test di soppressione con dUMP	746
Racemizzazione	718	Usi terapeutici e tossicità	746
Transamminazione	719		
Reazioni di eliminazione	719	58 VITAMINA B₁₂ -	
Frammenti monocarboniosi e		COBALAMMINA	749
transulfurazione	719	Chimica e biochimica	749
Lipidi	720	Assorbimento	751
Glicogenolisi e gluconeogenesi	720	Trasporto ed escrezione	751
Biosintesi dell'eme	720	Metabolismo e ruoli biochimici	752
Funzione immune	720	Bisogni	754
Interazioni con altri nutrienti e con		Stato nutrizionale	
farmaci	721	della vitamina B₁₂	755
Piridossal fosfato, ormoni steroidei ed		Test di Schilling per misurare	
espressione genica	721	l'assorbimento di vitamina B ₁₂	755
Valutazione dello stato di nutrizione	721	Deficienza	755
Bisogni	722	Deficienza primaria	756
Deficienza	723	Deficienze secondarie	756
Infiammazione	724	Deficienza di cobalammina e di	
Tossicità	724	folato	757
Usi farmacologici	724	Anemia megaloblastica	757
		Anemia perniciosa	758
57 FOLATO	727	Bambini	758
Chimica e struttura	727	Vitamina B₁₂ e cancro	758
Assorbimento e distribuzione	728		
Metabolismo	731	59 COLINA	761
Coenzimi folici	732	Assorbimento intestinale	762
Caricamento del tetraidrofolato con		Metabolismo	762
il frammento monocarbonioso	732	Biosintesi della fosfatidilcolina	762
Gestione dell'eccesso di frammenti		Deficienza di colina	763
monocarboniosi	734	Effetti tossici	764
N ⁵ -metiltetraidrofolato	734	Assunzione di riferimento	764
N ⁵ ,N ¹⁰ -metilentetraidrofolato	735		
Altri coenzimi del folato	735	60 VITAMINA A	767
Interconversioni di coenzimi folici		Chimica	768
a diversi stati di ossidazione del		Unità	769
frammento monocarbonioso	735	Digestione e assorbimento	770
Utilizzazione del frammento		Digestione	770
monocarbonioso	736	Assorbimento	770
Timidilato sintasi e diidrofolato		Riesterificazione	771
riduttasi	736	Ossigenasi	771
Sintesi dell'anello purinico	736	Proteine leganti e recettori per i	
Ruolo del folato nel metabolismo		retinoidi	773
della metionina	736	Proteine leganti i retinoidi	773
Considerazioni generali sul metabolismo		Metabolismo	775
dei frammenti monocarboniosi	738	Funzioni	778
Formiato	738	Visione	778
Compartimentazione subcellulare dei		Differenziazione cellulare	779
coenzimi folici	740	Morfogenesi	780
Metabolismo dei frammenti		Apoptosi	780
monocarboniosi nel citosol	740	Risposta immunitaria	780
Metabolismo dei frammenti		Azioni non genomiche dell'acido	
monocarboniosi nei mitocondri	740	retinoico	780
Reazioni nucleari	741	Mancanza di vitamina	780
Sindromi da deficienza	741	Eccesso di vitamina	782
Cause di deficienza	742	Intossicazione acuta	782
Trattamento della deficienza folica	744	Intossicazione cronica	783
Bisogni	744	Effetti teratogenici	783

Lattanti e bambini	783	Emorragia da deficienza di vitamina K nel lattante	823
Usi farmacologici	783	Relazione tra la vitamina K e l'osteoporosi	823
Considerazioni alimentari	783	Valutazione dello stato di nutrizione	824
Considerazioni speciali	784	Bisogni e livelli di assunzione di riferimento	824
Stato di nutrizione	784	Usi farmacologici della vitamina K	824
61 VITAMINA D	789	 	
Biosintesi nell'organismo	791	64 COMPOSTI MARGINALI E FITOCHIMICI	827
Effetto dell'invecchiamento	792	Composti marginali	827
Creme solari protettive	792	Inositolo	828
Assorbimento e metabolismo	792	Carnitina	829
Assorbimento	792	Taurina	830
Produzione del 25-OH derivato	792	Creatina	830
Produzione dello 1,25-diidrossiderivato – calcitriolo	793	Coenzima Q	832
Catabolismo del 25(OH)D ₃ e dello 1,25(OH) ₂ D ₃	794	Fitochimici	834
Regolazione del metabolismo della vitamina D	794	Carotenoidi	835
Ruoli biologici	795	Composti allilsolforici	836
Controllo del metabolismo del calcio	795	Glucosinolati	837
Azioni non calcemiche	795	Fitoestrogeni	837
Deficienza di vitamina D: rachitismo e osteomalacia	796	Polifenoli	837
Soggetti a rischio di deficienza	797	Pirrolochinolina chinone (PQQ)	842
Osteoporosi	797	Fitochimici e prevenzione del cancro	842
Stato di nutrizione	797	 	
Bisogni	798	65 METABOLISMO IDRICO-SALINO	847
Tossicità	798	Acqua	847
 		Compartimenti idrici	848
62 VITAMINA E	803	Osmolalità	848
Nomenclatura e terminologia	804	Bilancio idrico	850
Assorbimento e distribuzione	805	Sete	850
Distribuzione nei tessuti	806	Disidratazione	851
Prodotti di escrezione	808	Sodio	853
Attività biologica	808	Funzioni del sodio	853
Attività antiossidante	808	Contenuto e distribuzione	854
Trasduzione del segnale	809	Bisogni di sodio	854
Valutazione dello stato di nutrizione	811	Tossicità del sodio	855
Interazioni con altri nutrienti	811	Alterazioni della concentrazione ematica di sodio	856
Assunzioni di riferimento, usi e tossicità	812	Situazioni particolari	857
Deficienza	813	Potassio	857
 		Assunzione e perdite	857
63 VITAMINA K	817	Funzioni biologiche	858
Chimica e struttura	817	Assunzioni di riferimento	858
Assorbimento, distribuzione e metabolismo	818	Tossicità del potassio	859
Reazioni cui prende parte la vitamina K	819	Stato di nutrizione	860
Glutammilcarbossilasi	819	Cloruro	860
Il ciclo della vitamina K	820	Equilibrio acido-base	860
Funzioni fisiologiche	820	Il pH	860
Coagulazione del sangue	820	Elettroliti	861
Osso	822	Acidosi e alcalosi	865
Rene	822	Regolazione renale del pH	867
Segnalazione cellulare	822	 	
Deficienza di vitamina K	822	66 CALCIO	869
		Turnover	870
		Assorbimento	870

Assorbimento netto e assorbimento vero	871	Bisogno	912
Depositi e riserve	873	Carenza	913
Escrezione	873	Sintomatologia della carenza di	
Funzioni	874	ferro	914
Controllo dei livelli plasmatici	874	Deficienza di ferro e immunità	915
Sistemi ormonali	875	Fortificazione	915
Valutazione dello stato di nutrizione ..	876	Sovraccarico	915
Bisogni	876	Ferro, omeostasi metabolica e	
Variazioni dei bisogni di calcio		diabete	916
durante la vita	877		
Effetti della carenza	878	70 RAME	921
Osteoporosi	878	Funzioni	921
Osso e adiposità	878	Enzimi e proteine	921
Tossicità	879	Altre funzioni	923
Relazione con altre sostanze	879	Assorbimento e distribuzione	923
		Valutazione dello stato di nutrizione ..	926
67 MAGNESIO	881	Bisogno	926
Funzioni	881	Sindromi da deficienza nell'uomo	926
Omeostasi intracellulare	882	Tossicità	927
Turnover	882	Interazioni con altri nutrienti	927
Assorbimento	882		
Eliminazione urinaria	883	71 ZINCO	929
Stato di nutrizione	883	Assorbimento	929
Assunzione di riferimento	884	Funzioni biochimiche e fisiologiche ...	932
Deficienza	884	Regolazione dell'omeostasi	933
Tossicità	886	Metabolismo intracellulare	933
		Valutazione dello stato di nutrizione ...	934
68 FOSFORO	889	Assunzione di riferimento	934
Funzioni	890	Deficienza	935
Digestione e assorbimento	890	Tossicità	936
Escrezione	891		
Omeostasi	892	72 MANGANESE	939
Controllo del fosfato nel plasma	893	Sorgenti biologiche	939
Stato di nutrizione	894	Assorbimento	940
Tossicità	894	Trasporto	940
Casi particolari	896	Trasferimento attraverso	
		le membrane	941
69 FERRO	897	Concentrazione nei tessuti	941
Caratteristiche chimiche importanti in		Distribuzione nel sistema nervoso	
biologia	897	centrale	941
Funzioni	898	Ruolo biologico	943
Assorbimento	899	Essenzialità	943
Trasporto	900	Deficienza	943
Biologia cellulare	901	Tossicità	943
Regolazione degli scambi di ferro tra		Assunzione di riferimento	944
cellule e ambiente extracellulare	901		
Regolazione dell'omeostasi		73 CROMO	947
intracellulare del ferro	901	Assorbimento e trasporto	947
Metabolismo mitocondriale	903	Funzioni biologiche	948
Metabolismo in cellule specializzate ...	904	Effetti della deficienza	948
Enterociti	904	Bisogni	948
Eritroblasti	905		
Macrofagi	907	74 FLUORO	951
Turnover	908	Assorbimento, metabolismo ed	
Bilancio del ferro ed epcidina	908	escrezione	951
Ferro di deposito	910	Azione cariostatica	952
Stato di nutrizione	911	Effetti dell'assunzione inadeguata	952
		Assunzione di riferimento	952

75 SELENIO	955	Stagno	983
Considerazioni alimentari	956	Vanadio	983
Attività biologica	956		
Selenoproteine	956	78 GRAVIDANZA:	
Glutazione perossidasi	957	LA NUTRIZIONE	
Selenoproteina P	959	MATERNO-FETALE	985
Selenoproteina W	959	Energia	986
Tioredossina riduttasi	959	Proteine	987
Iodotironina deiodinasi	959	Carboidrati	989
Selenofosfato sintetasi	959	Grassi	989
Sintesi di selenoproteine	959	Vitamine	989
Metabolismo	960	Vitamine liposolubili	989
Selenometionina	961	Vitamine idrosolubili	990
Selenocisteina	961	Minerali	991
Selenio inorganico	962	Alcune situazioni particolari	992
Ciclo del selenio	962	Conclusioni circa la nutrizione materna ..	992
Produzione di piccole molecole	962	La nutrizione dal punto di vista fetale ..	993
L'escrezione di selenio ne regola		Attività metabolica della placenta ...	994
il contenuto corporeo	962	Ruolo del feto	994
Regolazione epatica dell'escrezione di		Trasporto transplacentare di	
selenio	963	nutrienti	994
Trasporto di selenio tra fegato e		Problemi particolari e stile di vita	996
altri tessuti in condizione di scarsità		Nutrizione e sviluppo	996
dell'elemento	963	Alcol	997
Assunzione e ritenzione di selenio nei			
tessuti extraepatici	963	79 ALLATTAMENTO	1001
Deficienza	964	Il latte umano	1001
Stato di nutrizione	964	Composizione del latte	1002
Livelli di assunzione	965	Variazioni della composizione	
Tossicità	965	del latte	1004
		Necessità nutrizionali della nutrice ...	1005
76 IODIO	969	Energia	1005
Metabolismo	969	Proteine	1006
Deficienza	971	Vitamine e minerali	1007
Feto	972	Malnutrizione e allattamento	1009
Il neonato	972		
Il bambino	972	80 ACCRESCIMENTO:	
Gozzigeni	972	DAL NEONATO	
Bisogno	973	ALL'ADULTO	1011
Stato di nutrizione	973	Il neonato	1013
Supplementazione	973	Periodo dell'alimentazione	
		complementare	1015
77 ELEMENTI IN		Il bambino da 2 a 10 anni di vita	1016
ULTRATRACCIA	975	Adolescente	1017
Assorbimento, trasporto e deposito ...	976	Appendice: valori di assunzione di	
Alluminio	976	energia e di alimenti proposti	
Arsenico	976	dall'Institute of Medicine -	
Boro	979	Food and Nutrition Board (2005)	1018
Bromo	980		
Cadmio	980	81 SENILITÀ	1021
Germanio	980	Teorie sull'invecchiamento	1022
Litio	981	Apoptosi e necrosi	1022
Molibdeno	981	Mitocondri e stress ossidativo	1023
Il molibdeno nel corpo umano	981	Variazioni degli indici antropometrici ..	1023
Nichel	982	Muscolo	1024
Piombo	982	Resistenza anabolica	1024
Rubidio	983	Sarcopenia	1025
Silicio	983	Metabolismo	1026

Bisogni nutrizionali	1027	Deficienza proteica	1074
Leucina	1028	Ritardo di crescita	1074
Micronutrienti	1028	Situazione endocrina	1074
Invecchiamento e nutrizione	1029	Zinco e altri micronutrienti	1074
82 ATTIVITÀ FISICA E SPORT	1033	Ipoalbuminemia	1075
Caratteristiche strutturali del muscolo ..	1034	Ematologia e circolazione	1075
Proteine dei filamenti sottili e		Edema	1076
spessi	1034	Fegato grasso	1076
Contrazione muscolare	1036	Funzioni mentali	1076
Tipi di fibrocellule muscolari e loro		Diarrea	1077
metabolismo	1037	Suscettibilità alle infezioni	1077
Sintesi di ATP in aerobiosi e in		Alcuni aspetti clinici	1077
anaerobiosi	1039	PEM primaria	1079
Anaerobiosi	1039	Patofisiologia e risposte adattative	
Aerobiosi	1040	alla PEM nel bambino:	
Alcuni aspetti del controllo della		marasma e kwashiorkor	1079
produzione di ATP nel muscolo striato ..	1041	PEM secondaria	1083
Substrati consumati durante l'attività		Patogenesi e significato clinico della	
fisica	1042	malnutrizione	1084
Relazione del consumo dei substrati		Aspetti terapeutici	1085
con la durata dello sforzo	1042	Nutrizione e cancro	1087
Relazione del consumo di substrati		85 STRESS OSSIDATIVO	1091
con l'intensità dello sforzo	1042	Formazione di radicali liberi	1092
Alcune considerazioni sugli sforzi		Radicali liberi e lipidi	1094
di lunga durata	1043	Ossidazione di lipoproteine	1095
Ruolo delle proteine nel metabolismo		La difesa enzimatica	1095
muscolare	1045	La superossido dismutasi	1096
Triacilgliceroli intramuscolari – IMTG ..	1046	La catalasi	1096
Altri nutrienti	1047	La glutatione perossidasi	1096
Nutrizione e allenamento	1048	Sistemi dipendenti dalla	
Regolazione delle masse muscolari	1049	tioredossina	1096
Gli integratori alimentari	1052	Molecole antiossidanti	1096
Integrazione energetica	1053	86 ORMONI E RISPOSTE	
Integrazione proteica	1053	NUTRIZIONALI	
Integratori vari	1054	ALL'INFEZIONE E	
Doping	1054	ALLO STRESS	1099
Attività fisica per la popolazione		Ormoni e fattori di crescita	1099
generale	1055	Ormone della crescita o	
83 IL DIGIUNO	1059	somatotropo	1100
Richieste di energia e di nutrienti	1060	Insulina	1101
Fasi del digiuno	1060	Altri fattori di crescita	1101
Necessità metaboliche del corpo		Citochine	1102
umano	1062	Funzione e meccanismi di azione	
Perdita di peso durante il digiuno	1063	delle citochine	1103
Substrati ematici	1064	Influenza di nutrienti sulla biologia	
Glicidi	1064	delle citochine	1105
Amminoacidi	1064	Eicosanoidi	1106
Acidi grassi liberi (NEFA) e corpi		Cortisolo	1106
chetonici	1065	Ormoni del sistema nervoso	1107
Ormoni	1067	Catecolammine	1107
Morte per fame	1067	Modulazione della risposta	
84 MALNUTRIZIONE		all'infiammazione e allo stress	
CALORICO-PROTEICA	1071	da parte di nutrienti	1107
Il semidigiuno: adattamento e		Amminoacidi e proteine	1107
accomodamento al digiuno	1072	Micronutrienti	1107
		Risposte fisiologiche alla chirurgia	1108

Nutrizione nel periodo perioperatorio.	1109	Controlli periferici e centrali	1141
Ferite accidentali	1109	Controlli periferici	1141
Infezione	1110	Controlli centrali	1143
Ciclo malnutrizione/infezione	1110	Eventi tonici e fasici	1147
Effetto dell'infezione sullo stato nutrizionale	1110	I segnali tonici: gli effetti dello stato energetico	1147
Malnutrizione e risposta all'infezione	1111	I segnali fasici	1147
Alcuni micronutrienti coinvolti nella risposta all'infezione	1111	Regolazione del pasto	1148
Cambiamenti nutrizionali e metabolici nei pazienti con infezione.	1112	Food addiction	1149
Pazienti ustionati	1112	Fegato e cervello nell'omeostasi energetica	1149
Risposta metabolica.	1112	Incretine e amilina	1149
Risposta infiammatoria.	1113	Peptide simile al glucagone (tipo 1) – GLP-1	1150
Aspetti nutrizionali	1113	Amilina	1150
87 SINDROME METABOLICA	1115	Ossintomodulina	1151
Tessuto adiposo	1116	Nutrienti e sazietà	1151
Fegato	1117	Proteine	1151
Malattia epatica non alcolica	1118	Carboidrati	1151
Caratteristiche biochimiche e fisiologiche della malattia epatica non alcolica.	1118	Grassi	1151
Isolotti pancreatici	1119	Terapia dell'obesità	1152
Muscolo scheletrico	1119	Dietoterapia	1152
Il coattivatore 1 – PGC1 – del PPAR γ e l'omeostasi dei nutrienti energetici. . .	1120	Diminuzione dell'assorbimento intestinale	1154
Regolazione attraverso il sistema carnitina aciltrasferasi I/malonil-CoA . .	1120	Terapia comportamentale cognitiva . .	1154
Meccanismi della resistenza insulinica indotta dai lipidi	1120	Esercizio fisico	1154
Alterazioni dell'utilizzazione di substrati legate all'eccesso di lipidi . .	1122	Farmaci anoressizzanti e termogenetici	1155
Risposte all'eccesso di nutrienti	1123	Velocità ottimale della perdita di peso	1155
Stress del reticolo endoplasmatico . . .	1124	Procedimenti chirurgici	1156
Il malfunzionamento dei mitocondri .	1124	Effetti della terapia sulle complicanze dell'obesità	1156
Sensori di nutrienti	1126	Mantenimento della perdita di peso. .	1156
Metabolismo dei frammenti monocarboniosi	1128	89 CONSIDERAZIONI SUL TESSUTO ADIPOSO	1163
Ruolo dell'infiammazione	1128	Costituzione del tessuto adiposo	1163
Variabilità della glicemia	1128	Sviluppo del tessuto adiposo	1164
Prevenzione della sindrome metabolica	1130	Fattori di trascrizione coinvolti nell'adipogenesi	1164
88 NUTRIZIONE E PESO CORPOREO	1133	Ipertrofia e iperplasia degli adipociti.	1166
Definizione dell'obesità nell'uomo	1134	Regolazione endocrina	1166
Obesità nel bambino	1135	Ormoni secreti dal tessuto adiposo	1166
Complicanze dell'obesità	1136	Adiponectina	1168
Adattamenti comportamentali verso le variazioni di apporto energetico	1138	Leptina.	1168
Fattori di rischio per l'obesità	1139	Resistina	1169
Meccanismi epigenetici.	1139	Apolipoproteina M	1170
Regolazione dell'assunzione di cibo . . .	1139	Fattori non proteici secreti dal tessuto adiposo	1170
Prime teorie del controllo dell'apporto alimentare.	1140	Vascularizzazione del tessuto adiposo . .	1170
		Sensibilità all'insulina	1171
		Fibrosi	1171
		Matrice extracellulare	1172
		Tessuto adiposo e omeostasi glicidica . .	1172
		Rimodellamento del tessuto adiposo . .	1173
		Ruolo dei macrofagi	1173

Effetti degli acidi linoleici coniugati – CLA	1173	Testing statistico.....	1180
90 CONSIDERAZIONI FINALI ...	1177	Problemi speciali per le applicazioni nutrizionali	1181
La pubblicazione scientifica.....	1177	Tipi di studio nutrizionale	1182
Certezze e probabilità	1178	Pro e contro	1182
La statistica	1178	Indice analitico	1185
Statistica descrittiva.....	1179		

