

Rita Canella

SCIENZA della NUTRIZIONE

Fisiologia • Principali patologie
Nutraceutica • Nutrigenomica

Edizione digitale

edi-ermes

Scienza della nutrizione • Prima edizione - Rita Canella

Copyright © 2020 Edi.Ermes s.r.l. - Milano

ISBN 978-88-7051-734-7 - Edizione a stampa

ISBN 978-88-7051-735-4 - Edizione digitale

Tutti i diritti letterari e artistici sono riservati. I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi.

Un libro è il prodotto finale di una serie molto articolata di operazioni che esige numerose verifiche sui testi e sulle immagini.

È quasi impossibile pubblicare un volume senza errori.

Saremo grati a quanti, avendone riscontrato la presenza, vorranno comunicarci.

Per segnalazioni o suggerimenti relativi a questo volume vogliate utilizzare il seguente indirizzo:

Relazioni esterne - Edi.Ermes srl - viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano

Tel. 02.70.21.121 - Fax 02.70.21.12.83

e-mail: redazione@eenet.it

L'Editore è a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, nonché per eventuali involontarie omissioni e inesattezze nella citazione delle fonti o dei brani riprodotti nel presente volume.

Disegni di Andrea Rossi Raccagni, Marco Fanuli e Raffaella Stilo/Archivio Edi.Ermes

Foto: ICP (Figg. 3.1, 3.3, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.17, 3.18, 6.2, 6.11, 8.11, 10.2)

Shutterstock (Figg. 1.16, 1.18)

Stampato nel mese di agosto 2020 da Faenza Printing Industries SpA (RA)
per conto di Edi.Ermes - viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano
<http://www.ediermes.it> - tel. 02.70.21.121 - fax 02.70.21.12.83

PREFAZIONE

La scienza della nutrizione è una disciplina estremamente affascinante ed eterogenea che spazia dalla relazione stretta fra nutrizione e salute umana ai meccanismi fisiologici, biomolecolari e cellulari che la regolano, coinvolgendo anche modelli comportamentali e influenze sociali, comprendendo inoltre il rapporto fra alimentazione e ambiente, fino ad arrivare alla relazione fra il nostro genoma e i nutrienti e fra i nostri simbionti e la salute.

È necessario, quindi, tessere una rete che correli tutti gli ambiti di questa scienza in modo comprensibile, ma non superficiale, con l'attenzione rivolta alla scientificità delle affermazioni fatte e con lo scopo di indurre un approccio critico da parte dello studente nei confronti delle informazioni di cui viene a conoscenza. Questo è stato l'obiettivo del testo *Scienza della nutrizione*.

Scienza della nutrizione si rivolge agli studenti universitari di discipline di ambito biologico e agroalimentare. Il testo tratta gli argomenti classici della scienza della nutrizione (biochimica dei nutrienti, classi di alimenti, fisiologia del sistema digerente, bilancio energetico) con particolare attenzione alle ultime scoperte scientifiche riguardo a essi. Per esempio, alla classica trattazione delle varie categorie di alimenti viene associata una parte dedicata agli alimenti funzionali, argomento molto di moda e, per questo, facilmente

soggetto a semplificazioni o distorte interpretazioni, e un approfondimento dedicato agli OGM, con le principali informazioni strettamente legate sia alla salute sia ai sistemi di controllo e all'impatto ambientale. Per quanto riguarda il bilancio energetico si è voluto introdurre, accanto a una visione antropocentrica dell'argomento, la valutazione ambientale dell'impatto del comportamento alimentare umano, utilizzando i vari misuratori che sono stati scientificamente formulati in questi anni.

Non si può parlare di scienza della nutrizione senza fare cenno alle patologie correlate, alcune delle quali vere e proprie pandemie (obesità e diabete). Anche in questo caso si è cercato di completare le informazioni mediche con quelle epidemiologiche e ambientali e con i più recenti dati sulle terapie sperimentali in studio.

Più volte nel testo si parla di terapia personalizzata e i capitoli dedicati all'influenza dell'alimentazione sulla risposta immunitaria e alla nutrigenomica sono quelli che meglio spiegano quale direzione dovrebbe prendere la scienza della nutrizione nel futuro: quella di una scienza che non solo detta le linee guida per non incorrere in un'alimentazione scorretta, ma che sa anche cogliere le capacità terapeutiche degli alimenti in riferimento al patrimonio genetico di ogni singolo individuo.

Ferrara, 20 luglio 2020

Rita Canella

Ringraziamenti

Ringrazio la casa editrice Edi.Ermes per la disponibilità, la competenza e la pazienza e, in particolar modo, l'editore Raffaele Grandi, che ha creduto in quest'opera e ne ha reso possibile la realizzazione in questa veste così dinamica e gradevole.

Ringrazio, inoltre, la dottoressa Anna Cristina Puviani dell'Università di Ferrara per avermi interessato a questa disciplina e avermi fornito materiale e supporto.

Infine, ringrazio la mia famiglia, il cui incoraggiamento è stato fondamentale per la stesura di quest'opera.

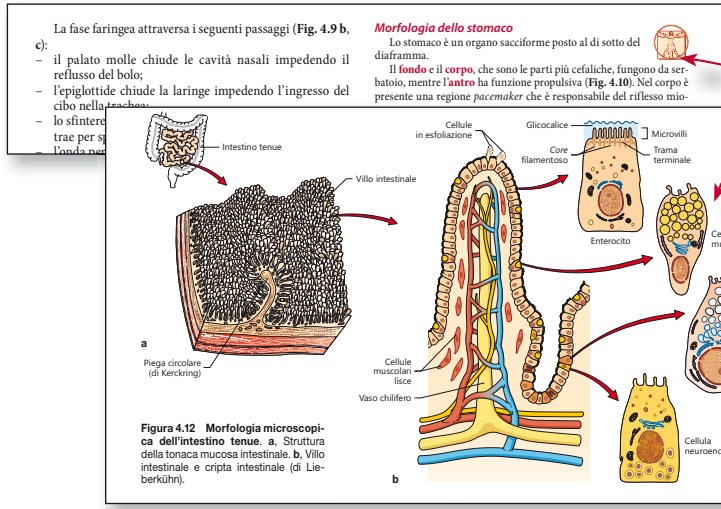
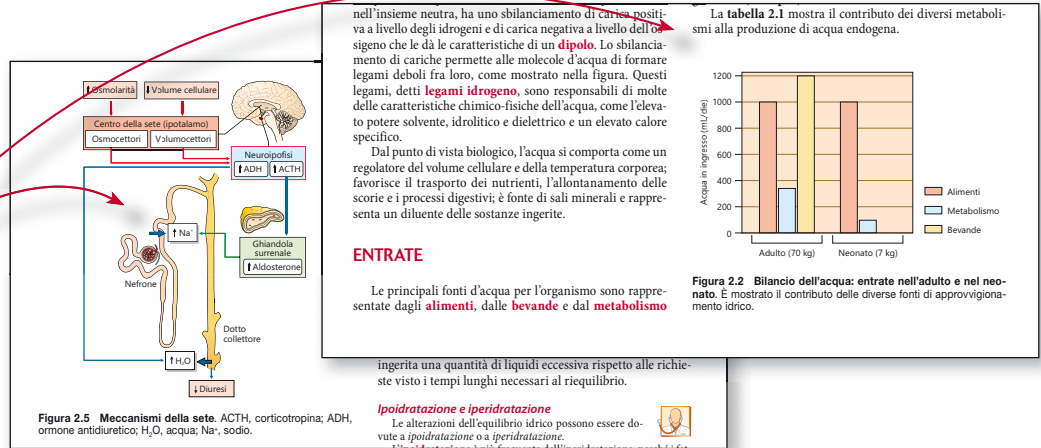
Organizzazione dell'opera

Il testo affronta i temi dell'alimentazione e della fisiologia della nutrizione umana in modo semplice e chiaro, proponendo allo studente vari livelli di approfondimento secondo le sue curiosità e aspettative.

La trattazione si sviluppa intorno a punti cardine fondamentali presentati in maniera esaustiva e accattivante dal punto di vista grafico. Molti sono gli elementi di supporto offerti, tra cui numerosi esempi, approfondimenti, concetti chiave ed esercizi.

Visualizzazione

L'ampio apparato iconografico, comprensivo di disegni, flowchart e grafici, arricchisce il testo e aiuta lo studente grazie a un apprendimento di tipo visivo.

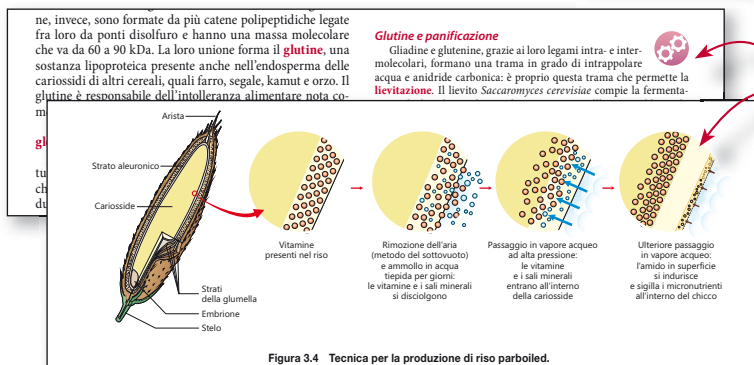
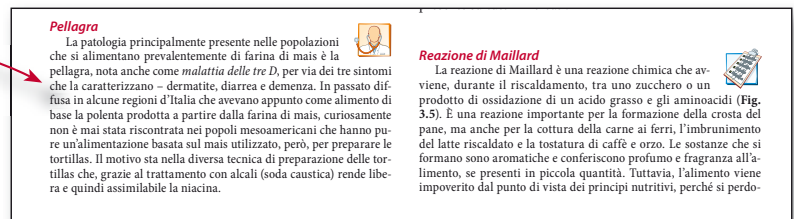


Morfologia macroscopica e microscopica

Testi in corpo minore, introdotti dall'apposita icona e corredati da chiare illustrazioni, facilitano la comprensione degli aspetti fisiologici evidenziandone le basi morfologiche.

Note cliniche e consigli per la dieta

Testi in corpo minore, introdotti da apposite icone, affrontano i risvolti clinici e pratici della materia, offrendo utili spunti per l'elaborazione di un corretto regime alimentare.



Tecnologie alimentari

Testi in corpo minore, introdotti dall'apposita icona e corredati da illustrazioni esplicative, approfondiscono i temi della selezione, conservazione e lavorazione degli alimenti.

Riquadri di approfondimento e appendici

Gli approfondimenti e le appendici analizzano in dettaglio aspetti specifici di fisiopatologia umana.

OSTEOPOROSI

Dopo i quarant'anni d'età, la massa del tessuto osseo va incontro a un fisiologico processo di riduzione, a carico sia della componente organica sia di quella minerale (**osteotrofia senile**). Se l'osteotrofia si spinge al punto di compromettere le normali funzioni delle ossa si ha **osteoporosi**. La differenza fra i due fenomeni è solo quantitativa: il primo è un evento fisiologico legato all'invecchiamento, mentre il secondo è un evento patologico che si traduce in fragilità delle ossa che possono fratturarsi alla minima sollecitazione.

Se sono presenti due o più dei fattori citati, si verifica un'azione sinergica negativa sulla struttura ossea.

PREVENZIONE
Sebbene sia possibile intervenire sui fattori ambientali, è opportuno ricordare che l'osteoporosi non può regredire, pertanto l'intervento più importante da mettere in atto è la **prevenzione**.

I principali comportamenti preventivi sono:

APPENDICE REGOLAZIONE DEL METABOLISMO DEL CALCIO

La quantità di calcio corporeo in un individuo di struttura media è di circa 1200 g. Nella **figura a** è mostrata la sua distribuzione.

Il calcio svolge **funzioni intracellulari ed extracellulari**. Entrato nella cellula attraverso canali specifici, il calcio resta disciolto nel citoplasma solo in quantità molto basse, poiché la cellula lo concentra all'interno dei mitocondri e del reticolo endoplasmatico, evitando così la sua azione tossica. Quando viene rilasciato da questi comparti o entra nella cellula dall'esterno, il calcio svolge la funzione di segnale intracellulare legandosi a proteine citoplasmatiche specifiche ed esercitando vari effetti. Le **funzioni intracellulari** più im-

ionizzata è quella fisiologicamente attiva e, quindi, strettamente regolata.

La **calcemia** deve essere mantenuta entro 9-10 mg/dL per evitare gravi danni a diversi sistemi. Per esempio, una riduzione significativa della calcemia (**ipocalcemia**) causa l'aumento della permeabilità neuronale agli ioni sodio, i neuroni si depolarizzano e il sistema nervoso diviene ipereccitabile. Nelle forme più gravi, l'ipocalcemia determina contrazioni sostenute (**tetano**) dei muscoli respiratori, fino a produrre asfissia. L'**ipercalcemia** ha l'effetto opposto e causa una depressione dell'attività neuromuscolare. Può inoltre provocare calcificazioni renali ed extrarenali e ridotto assor-

Concetti chiave

Alla fine di ciascun capitolo i concetti chiave riassumono i contenuti più importanti e consentono un rapido richiamo dell'argomento specifico.

CONCETTI CHIAVE

- ◆ **Acqua**, dal punto di vista elettrochimico, è un dipolo; questo le permette di formare legami idrogeno che sono responsabili delle sue caratteristiche chimico-fisiche. Dal punto di vista biologico, l'acqua è un regolatore del volume cellulare e della temperatura corporea, permette il trasporto dei nutrienti, i processi digestivi e l'allontanamento delle scorie.
- ◆ Le **entrate d'acqua** derivano dagli alimenti, dalle bevande e dalla sudorazione.
- ◆ L'**acqua totale corporea** (ATC) costituisce circa il 60% del peso corporeo umano. Il 67% dell'ATC è costituito dal liquido intracellulare (LIC) e il 33% dal liquido extracellulare (LEC).
- ◆ Il contenuto d'acqua dell'organismo deve essere mantenuto costante (sono tollerate variazioni non superiori al 7% dell'ATC). Esiste, quindi, un meccanismo che controlla l'**equilibrio idrico** dell'organismo.



Il volume è arricchito da una piattaforma *on line* (**Virtual Campus**), accessibile attraverso il codice riportato nel frontespizio. Le risorse disponibili in quest'area virtuale sono **lezioni online** che consentono un approccio visivo e coinvolgente agli argomenti di studio.

Il codice abilita anche il **download della versione digitale del libro**. Le istruzioni sono disponibili nella piattaforma.

Sia l'accesso alla piattaforma sia la consultazione del libro digitale sono disponibili per un periodo di tempo limitato a partire dalla registrazione del codice.



Percorsi guidati



Consulta l'e-book del testo

Icone utilizzate nel testo



Concetti chiave



Morfologia macroscopica e microscopica



Consigli per la dieta



Approfondimenti



Tecnologie alimentari







Note cliniche





Glossario

*Dedico questo lavoro alla memoria di mio padre,
a cui devo tutte le mie passioni*


INDICE






1	PRINCIPI NUTRITIVI	1		
	Macronutrienti	1		
	Proteine	1		
	Struttura delle proteine	1		
	Turnover proteico	4		
	Lipidi	4		
	Struttura dei lipidi	4		
	Lipidi semplici	5		
	Lipidi complessi	5		
	Carboidrati	7		
	Struttura dei carboidrati	7		
	<i>Struttura dei monosaccaridi</i>	7		
	<i>Struttura dei disaccaridi</i>	7		
	<i>Struttura dei polisaccaridi</i>	8		
	Micronutrienti	9		
	Sali minerali	9		
	Macroelementi	9		
	<i>Sodio</i>	9		
	<i>Potassio</i>	9		
	<i>Calcio</i>	10		
	<i>Magnesio</i>	10		
	<i>Fosforo</i>	11		
	 <i>Osteoporosi</i>	11		
	Oligoelementi	12		
	<i>Ferro</i>	12		
	<i>Zinco</i>	12		
	<i>Rame</i>	12		
	<i>Manganese</i>	12		
	<i>Molibdeno</i>	12		
	<i>Iodio</i>	13		
	<i>Fluoro</i>	13		
	<i>Cromo</i>	13		
	<i>Selenio</i>	13		
	<i>Cobalto</i>	14		
	Vitamine	14		
	Vitamine idrosolubili	14		
	<i>Tiamina</i>	14		
	<i>Riboflavina</i>	14		
	<i>Niacina</i>	15		
	<i>Acido pantotenico</i>	15		
	<i>Piridossina</i>	15		
	<i>Biotina</i>	15		
	<i>Acido folico</i>	15		
	<i>Cobalamina</i>	15		
	<i>Acido ascorbico</i>	16		
	Vitamine liposolubili	16		
	<i>Vitamina A</i>	16		
	<i>Vitamina D</i>	17		
	 <i>Sintesi e metabolismo della vitamina D</i> ..	17		
	<i>Vitamina E</i>	18		
	<i>Vitamina K</i>	18		
	Appendice - Regolazione del metabolismo			
	del calcio	19		
	Calcio plasmatico	19		
	Calcio osseo	19		
	Morfologia microscopica del tessuto osseo ..	19		
	Turnover osseo	20		
	Assorbimento e biodisponibilità	20		
	Vie di eliminazione e bilancio del calcio	21		
	Omeostasi della calcemia	21		
	Meccanismo di controllo non ormonale	21		
	Meccanismo di controllo ormonale	21		
	 Concetti chiave	22		
2	ACQUA	23		
	Acqua come nutriente	23		
	Entrate	23		
	Uscite	24		
	Distribuzione dell'acqua nell'organismo	24		
	Equilibrio idrico	24		
	Acqua come alimento	26		
	Acque minerali	26		
	 Concetti chiave	27		
3	ALIMENTI	29		
	Cereali	29		
	Frumento	31		
	Riso	31		
	Mais	32		
	Orzo	32		
	Avena	32		
	Segale	32		
	Legumi	33		
	Soia	34		
	Verdure e ortaggi	34		
	Frutta	34		
	Frutta fresca	34		
	Frutta secca	34		
	Carne, pesce e derivati	35		
	Carne	35		




Uova	36
Pesci, crostacei e molluschi	37
Latte e derivati	37
Derivati del latte	39
Oli e grassi	39
Dolci	39
Sostanze alcoliche	40
Alimenti funzionali	41
Pomodoro	41
Crucifere	41
Frutti di bosco	42
Liliacee	42
Spezie	43
Agrumi	43
Funghi	43
Soia	43
Pesce	43
Probiotici	43
Vino rosso	44
Tè verde	44
Cioccolato	44
Alimenti OGM	44
OGM e salute umana	45
Sistema di verifiche e autorizzazioni	45
Analisi dei danni alla salute	45
Allergie	46
Resistenza agli antibiotici	46
Trasferimento genico	46
Effetti di lungo termine	46
Prevenzione delle malattie	46
Futuro degli OGM	46
 <i>OGM: sostenibilità ambientale e accesso al cibo</i>	47
Appendice - Metabolismo delle sostanze alcoliche	48
Assorbimento	48
Degradazione	48
Sistema dell'alcol deidrogenasi epatica	48
Sistema microsomiale ossidante l'etanolo	48
Catalasi	49
Ossidazione dell'acetaldeide	49
Danni	49
Interazioni metaboliche dell'alcol	49
Carboidrati	49
Proteine	49
Lipidi	49
Vitamine	49
Danni a sistemi e organi	49
Sistema nervoso centrale	50
Sistema digerente	50
Sistema cardiovascolare	50
Sistema riproduttivo e genitale	50
Altri effetti	50
 Concetti chiave	52

4

FISIOLOGIA

DEL SISTEMA DIGERENTE	55
Motilità	56
Tipi di motilità gastrointestinale	56
Secrezione	57
Controllo nervoso	58
Controllo estrinseco	58
Controllo intrinseco	59
Relazione tra innervazione estrinseca e intrinseca	59
 <i>Cervello enterico</i>	60
Controllo ormonale	60
Liberazione degli ormoni	60
Meccanismo d'azione degli ormoni	60
Principali ormoni ed effetti biologici	60
Cavità orale	62
Masticazione	62
Controllo nervoso della masticazione	62
Secrezione salivare	62
Composizione della saliva	62
Funzioni della saliva	63
Controllo nervoso della salivazione	63
Deglutizione	64
Controllo nervoso della deglutizione	65
Stomaco	65
Controllo nervoso dello stomaco	65
Motilità gastrica	65
Digestione gastrica	66
Secrezione acida	67
Fasi della secrezione gastrica	67
Regolazione della secrezione e della motilità gastrica	67
Intestino tenue	68
Controllo nervoso dell'intestino tenue	68
Secrezione intestinale	69
Controllo della secrezione intestinale	69
Motilità dell'intestino tenue	69
Controllo della motilità intestinale	69
Pancreas esocrino	69
Secrezione pancreatica	70
Controllo della secrezione pancreatica	70
Pancreas endocrino	70
Effetti biologici degli ormoni pancreatici	70
Fegato e vie biliari	71
Secrezione biliare	71
Controllo della secrezione biliare	72
Intestino crasso	73
Motilità del colon	73
Controllo della motilità del colon	73
Defecazione	74
Assorbimento dei nutrienti	74
Fattori condizionanti e meccanismi dell'assorbimento	74
Assorbimento dei carboidrati	74

7	COMPORAMENTO ALIMENTARE	115			
	Omeostasi del bilancio energetico	115			
	Segnali a breve termine	115			
	Segnali di sazietà	116			
	Segnali di fame	117			
	Segnali di adiposità	117			
	Insulina	117			
	Leptina	117			
	Integrazione fra segnali di sazietà e di adiposità	118			
	Ruolo dell'ipotalamo	118			
	Altri circuiti cerebrali di integrazione	119			
	Controllo cerebrale del consumo di energia	120			
	Disturbi del comportamento alimentare	120			
	Anoressia nervosa	121			
	Epidemiologia	121			
	Eziologia	121			
	Complicanze	122			
	Terapie	122			
	Bulimia nervosa	122			
	Epidemiologia	122			
	Eziologia	122			
	Complicanze	123			
	Terapie	123			
	Disturbo da alimentazione incontrollata	123			
	Eziologia	123			
	Terapie	123			
	Bigioressia	123			
	Epidemiologia	124			
	Eziologia	124			
	Terapie	124			
	Ortoressia nervosa	124			
	Eziologia	124			
	Terapie	124			
	 Concetti chiave	125			
8	PATOLOGIE				
	DI ORIGINE ALIMENTARE	127			
	Obesità	127			
	Epidemiologia	127			
	Eziologia	127			
	 <i>Obesità: un problema di salute pubblica</i>	128			
	Fattori genetici	128			
	 <i>Vantaggio evolutivo</i>				
	<i>di un metabolismo parsimonioso</i>	128			
	Disfunzioni ormonali	129			
	Alterazioni morfofunzionali				
	dei centri ipotalamici				
	che regolano l'assunzione di cibo	129			
	Fattori ambientali	129			
	Rallentamento del metabolismo	129			
	Fattori psicologici	129			
	Complicanze	129			
	Terapie	131			
	Dietoterapia	131			
	Attività fisica	131			
	Approccio psicoterapico	132			
	Terapia farmacologica	132			
	 <i>Meccanismi della chirurgia bariatrica</i>	132			
	Trattamento chirurgico	133			
	Diabete mellito	133			
	Epidemiologia	133			
	Diagnosi e sintomi	133			
	Diabete mellito di tipo 1	134			
	Eziologia	134			
	Diabete mellito di tipo 2	135			
	Eziologia	135			
	Complicanze	135			
	Complicanze acute	135			
	<i>Crisi ipoglicemica</i>	135			
	<i>Crisi iperglicemica</i>	136			
	Complicanze croniche	136			
	<i>Macroangiopatia</i>	136			
	<i>Microangiopatia</i>	136			
	<i>Nefropatia diabetica</i>	136			
	<i>Retinopatia diabetica</i>	137			
	<i>Neuropatia</i>	137			
	<i>Disfunzione erettile</i>	137			
	Terapie	137			
	Terapia farmacologica	137			
	Dietoterapia	137			
	<i>Carboidrati</i>	138			
	<i>Proteine</i>	138			
	<i>Lipidi</i>	138			
	<i>Vitamine e minerali</i>	138			
	<i>Alimenti dietetici</i>	138			
	<i>Alcol</i>	138			
	<i>Alimenti funzionali</i>	139			
	<i>Educazione alimentare</i>	139			
	Attività fisica	139			
	Celiachia	139			
	Epidemiologia	140			
	Diagnosi e sintomi	140			
	Eziologia	140			
	Terapie	141			
	Favismo	141			
	Appendice - Obesità infantile	142			
	 Concetti chiave	143			
9	ALIMENTAZIONE				
	E RISPOSTA IMMUNITARIA	145			
	Cenni sul sistema immunitario	145			
	Tipi di risposta immunitaria	145			
	Cellule della risposta immunitaria	146			
	Linea mieloide	146			
	Linea linfoide	147			
	<i>Linfociti T</i>	147			

<i>Linfociti B</i>	148	Effetti materni sul microbiota del neonato	159
<i>Cellule natural killer</i>	149	Effetti del microbiota sullo sviluppo della barriera difensiva dell'ospite	160
Sistema immunitario delle mucose	149	Verso una medicina personalizzata	160
Ruolo dei nutrienti nella difesa immunitaria	150	 Concetti chiave	161
Aminoacidi	150		
Glutamina	150		
Arginina	150		
Glicina	150		
Lipidi	150		
Acidi grassi saturi	151		
Acidi grassi insaturi	151		
Carboidrati	151		
Vitamine	152		
Acido ascorbico	152		
Vitamina E	152		
Vitamina A	153		
 <i>Sintesi della vitamina A</i>	153		
Vitamina D	154		
Minerali	154		
Zinco	154		
Selenio	154		
Allergie alimentari	154		
Allergie mediate da immunoglobuline E	155		
Allergie non mediate da immunoglobuline E	155		
Allattamento e protezione immunitaria	156		
Fattore bifidogeno	156		
Lattoferrina	156		
Appendice - Microbiota intestinale, dieta e sviluppo del sistema immunitario	158		
Meccanismi per riconoscere e controllare i microbi	158		
Relazione tra epitelio e microbiota intestinale	158		
<i>Enterociti</i>	158		
<i>Cellule caliciformi mucipare</i>	158		
<i>Cellule di Paneth</i>	159		
<i>Cellule enteroendocrine</i>	159		
Relazione tra epitelio e cellule immunitarie	159		
Coevoluzione di microbi e immunità acquisita	159		
		10 NUTRIGENOMICA: SCIENZA DEL FUTURO	163
		Premesse e concetti della nutrigenomica	163
		Interazioni gene-nutriente	164
		Regolazione della trascrizione	165
		Regolazione post-trascrizionale	166
		Regolazione su più fronti: la sintesi del colesterolo	166
		Angiotensina e fibre	166
		Selenio e tumori	167
		Recettori PPAR	167
		Risposte a combinazioni di cibi	168
		Epigenetica nutrizionale	168
		Effetti epigenetici dell'alimentazione materna	169
		Tecniche per lo studio delle interazioni fra genoma e nutrienti	169
		Nutritrascrittomica	169
		Biologia di sistemi	170
		Modelli animali	170
		<i>Caenorhabditis elegans</i>	170
		<i>Drosophila melanogaster</i>	170
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	170
		Prospettive future	171
		 Concetti chiave	171
		BIBLIOGRAFIA	173
		Siti Web	176
		INDICE ANALITICO	177