



S I N U

---

SOCIETÀ ITALIANA  
DI NUTRIZIONE UMANA

*Associazione senza fini di lucro*

# **Diete vegetariane: posizione SINU**

**A cura del gruppo tematico SINU:**

Sabina Sieri, Claudia Agnoli, Luciana Baroni, Iacopo Bertini,  
Salvatore Ciappellano, Alessandra Fabbri, Mattia Papa, Nicoletta  
Pellegrini, Rosella Sbarbati, Maria Laura Scarino, Vincenzino Siani

# Indice

## Definizione dei diversi modelli di dieta vegetariana

### Posizioni sull'alimentazione vegetariana

L'alimentazione vegetariana nelle *Dietary Guidelines*, DLG

L'alimentazione vegetariana nelle *Vegetarian Food Guides*, VFG

### Proteine

Biodisponibilità

Valutazione dello stato di nutrizione

Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Gravidanza e Allattamento

Bambini (6 mesi-3 anni)

Bambini (4-10 anni)

Adolescenti (11-18 anni)

Adulti

Anziani

Atleti

Raccomandazioni/conclusioni

Bibliografia

### Vitamina B<sub>12</sub>

Biodisponibilità

Valutazione dello stato di nutrizione

Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Gravidanza e Allattamento

Bambini (6 mesi-3 anni)

Bambini e Adolescenti (4-18 anni)

Macrobiotici

Vegetariani non-macrobiotici

Adulti e Anziani

Macrobiotici e Crudisti

Vegani

Vegetariani

Raccomandazioni/conclusioni

Bibliografia

### Calcio e Vitamina D

Biodisponibilità

Biodisponibilità del calcio

Biodisponibilità della vitamina D

Valutazione dello stato di nutrizione

Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Gravidanza e Allattamento

Bambini (6 mesi-3 anni)

Bambini e Adolescenti (4-18 anni)

Adulti

Anziani

Studi di intervento

Raccomandazioni/conclusioni

Bibliografia

## **Ferro**

### Biodisponibilità

Biodisponibilità del ferro nelle diete vegetariane

Procedure di combinazione e preparazione degli alimenti per aumentare la biodisponibilità del ferro

### Valutazione dello stato di nutrizione

#### Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Bambini (6 mesi-3 anni)

Bambini (4-10 anni)

Adolescenti (11-18 anni)

Adulti

Anziani

Atleti

#### Raccomandazioni/conclusioni

#### Bibliografia

## **Zinco**

### Biodisponibilità

Componenti della dieta che facilitano o inibiscono l'assorbimento dello zinco

Procedure di combinazione e preparazione degli alimenti per aumentare la biodisponibilità dello zinco

Fattori fisiologici che influenzano la biodisponibilità dello zinco

### Valutazione dello stato di nutrizione

#### Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Bambini (6 mesi-3 anni)

Bambini (4-10 anni)

Adolescenti (11-18 anni)

Adulti

Anziani

Atleti

#### Raccomandazioni/conclusioni

#### Bibliografia

## **Omega-3**

### Biodisponibilità

### Valutazione dello stato di nutrizione

#### Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

Gravidanza e Allattamento

Bambini (4-10 anni)

Adolescenti (11-18 anni)

Adulti

Vegetariani

Vegani

Vegani crudisti

Anziani

#### Raccomandazioni/conclusioni

#### Bibliografia

## **Alimenti alternativi per vegetariani**

## Definizione dei diversi modelli di dieta vegetariana

La **dieta vegetariana**, per definizione, esclude il consumo di tutti i tipi di carne (da suini, bovini, ovini, pollame, volatili da cortile, selvaggina, pesci e mammiferi acquatici, molluschi, crostacei ecc.). Sono ovviamente esclusi anche tutti i prodotti di trasformazione industriale delle carni (insaccati, pat , *sushi*).

Di fatto, nell'ambito dell'alimentazione vegetariana,   possibile fare riferimento a due modelli principali, che risultano essere i pi  diffusi e studiati in letteratura.

- **Modello latte-ovo-vegetariano (LOV):** esclude tutti i tipi di carne; include latte e derivati (formaggi e latticini), uova, miele e un'ampia variet  di alimenti di origine vegetale. In tale modello sono comprese anche le varianti **latto-vegetariana (LV)** e **ovo-vegetariana (OV)**.
- **Modello vegano (VEG):** esclude di tutti i tipi di carne, latte e derivati (formaggi e latticini), uova e miele;   consumata un'ampia variet  di alimenti vegetali.

**In questo documento, dove non diversamente specificato, il termine "vegetariano" comprende entrambi i modelli LOV e VEG.**

Il profilo nutrizionale dei due modelli dietetici pu  presentare una estrema variabilit  in dipendenza del tipo e della quantit  degli alimenti vegetali assunti e dal loro grado di trasformazione; per il modello *latto-ovo-vegetariano*, inoltre, tale variabilit    pi  ampia per gli alimenti di origine animale consumati nella dieta.

Nel contesto dell'alimentazione a base vegetale (*plant-based*), esistono inoltre altri modelli alimentari che escludono o limitano fortemente alcuni alimenti vegetali:

- **Crudismo** (assunti esclusivamente verdura, frutta fresca e secca, semi, cereali e legumi germogliati, latte, uova: tutti questi alimenti vengono prevalentemente consumati crudi).
- **Fruttarismo** (assunti esclusivamente frutta fresca e secca, semi e verdura a frutto).
- **Dieta Macrobiotica** (nella sua variante vegetariana,   previsto il consumo di cereali, legumi, verdure, alghe, prodotti a base di soia, ed evitato quello di latticini e uova).

Il riferimento all'adeguatezza e alla salubrit  delle diete vegetariane equilibrate si riferisce ai due modelli principali, peraltro i pi  diffusi, che includono il consumo variato di tutti gli alimenti vegetali; al contrario, si possono considerare "restrittivi", e quindi a rischio di inadeguatezza nutrizionale, Crudismo, Fruttarismo e Dieta Macrobiotica, i cui acclamati effetti positivi sulla salute non risultano in base all'evidenza scientifica attuale.

Le pubblicazioni *peer-reviewed*, passate in rassegna in questo documento, sono riferite prevalentemente a latte-ovo-vegetariani e vegani, occidentali e asiatici; al contrario, sono molto pochi gli studi che abbiano valutato lo stato nutrizionale dei macrobiotici e

dei fruttariani-crudisti: quindi, i risultati, quando disponibili, sono riportati in sezioni distinte di questo stesso documento.

## Posizioni sull'alimentazione vegetariana

Le Linee Guida per la sana alimentazione nella popolazione generale (*Dietary Guidelines*, DGL) di alcuni Paesi occidentali hanno cominciato a includere in epoche recenti anche informazioni e raccomandazioni per i vegetariani. Già dal 1997 società scientifiche e centri di ricerca hanno emanato Linee Guida per l'alimentazione vegetariana (*Vegetarian Food Guides*, VFG).

### L'alimentazione vegetariana nelle *Dietary Guidelines*, DLG

Le DGL Canadesi [1], Australiane [2], Statunitensi [3] e Britanniche [4], che propongono una distribuzione dei cibi in gruppi alimentari molto simili, risultano applicabili anche all'alimentazione vegetariana in quanto presentano le seguenti caratteristiche:

- il gruppo degli alimenti proteici include fonti animali e fonti vegetali senza alcuna distinzione fra proteine animali e proteine vegetali;
- il gruppo dei latticini include anche alternative vegetali;
- i rimanenti gruppi contengono solo alimenti di origine vegetale (cereali, verdura, frutta).

Le DGL Statunitensi e Britanniche contengono inoltre sezioni specifiche dedicate all'alimentazione vegetariana: le prime propongono adattamenti sia per i LOV che per i VEG dell'*USDA Food Pattern*; nelle seconde sono fornite raccomandazioni specifiche per VEG e per LOV, e per le varie fasi del ciclo vitale.

### L'alimentazione vegetariana nelle *Vegetarian Food Guides*, VFG

L'*American Dietetic Association* (ADA) ha emanato già nel 1988 un *Position Paper* sull'alimentazione vegetariana [5], e da allora periodicamente rinnovato alla luce delle ultime acquisizioni in campo nutrizionale. L'ADA giudica le diete vegetariane *correttamente pianificate* -comprese le diete VEG- salutari, nutrizionalmente adeguate e appropriate per individui in tutti gli stadi del ciclo vitale [6]. Nelle VFG sono fornite informazioni e raccomandazioni per una corretta pianificazione della dieta, formulate da ricercatori competenti in nutrizione vegetariana. Le indicazioni su quantità e tipo di alimenti da consumare rispondono a criteri di adeguatezza generale della dieta; raccomandazioni specifiche sono fornite sui nutrienti potenzialmente critici. Contrariamente alle DGL, i gruppi alimentari delle VFG contengono solo alimenti consumati dai vegetariani, ma non risultano sempre sovrapponibili tra le differenti VFG. I moderni criteri su cui si basa un'alimentazione vegetariana equilibrata sono estrapolabili dalle più attuali Linee Guida per l'alimentazione vegetariana [7-13] e riassunti nella tabella 1.

<b>MODERNI CRITERI BASE PER LA REALIZZAZIONE DI UNA DIETA VEGETARIANA EQUILIBRATA</b>
1. Consumare abbondanti quantità e un'ampia varietà di alimenti vegetali
2. Privilegiare alimenti vegetali non raffinati o poco trasformati
3. Il consumo di latte e uova è opzionale
4. Scegliere con attenzione e limitare i grassi vegetali
5. Assumere alimenti che sono buone fonti di acidi grassi omega-3
6. Assumere quantità adeguate di calcio e porre attenzione allo stato della vitamina D
7. Assumere quantità adeguate di vitamina B <sub>12</sub>
8. Consumare generose quantità di acqua e altri liquidi
9. Ricordarsi di prestare attenzione anche agli altri fattori coinvolti nella realizzazione di uno stile di vita sano

Tab. 1: moderni criteri per la realizzazione di una dieta vegetariana equilibrata [14].

## Bibliografia

- (1) Healthcanada. Canada's Food Guide. <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/index-eng.php> (ultimo accesso 31 dicembre 2014) 2007
- (2) Australian National Health and Medical Research Council. Dietary Guidelines 2013. <http://www.nhmrc.gov.au/guidelines/publications/n55> (ultimo accesso 31 dicembre 2014).
- (3) USDA. Dietary Guidelines for Americans 2010. <http://www.cnpp.usda.gov/dietaryguidelines.htm> (ultimo accesso 31 dicembre 2014).
- (4) National Health Service. The Eatwell Plate. (2013) <http://www.nhs.uk/livewell/Goodfood/Pages/eatwell-plate.aspx> (ultimo accesso 31 Dicembre 2014)
- (5) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets (1988) *J Am Diet Assoc* 88: 351.
- (6) Craig WJ, Mangels AR (2009) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 109: 1266-82.
- (7) Baroni L. VegPyramid: a proposal for a Vegetarian Food Guide for Italian people. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3[1], 71-80. 2010.
- (8) LLU. The Vegetarian Food Pyramid. (2008) <http://www.vegetariannutrition.org/food-pyramid.pdf> (ultimo accesso Dicembre 2014)
- (9) Messina V, Melina V, Mangels AR (2003) A new food guide for North American vegetarians. *J Am Diet Assoc* 103: 771-5.
- (10) Nakamoto K, Arashi M, Noparatanawong S, Kamohara S, Radak T, Tuchida M, et al. (2009) A new Japanese vegetarian food guide. *Asia Pac J Public Health* 21: 160-9.
- (11) Physician Committee for Responsible Medicine. The Power Plate. <http://pcrm.org/images/health/pplate/PCRMDietaryGuidelinesMonograph.pdf> (ultimo accesso 31 dicembre 2014).
- (12) Sabate J. *Vegetarian Nutrition*. USA: 2001.
- (13) Società Scientifica di Nutrizione Vegetariana.(2005) VegPyramid, la piramide alimentare naturale.
- (14) Baroni L. (2015) Vegetarianism In Food-Based Dietary Guidelines. *Int. J. Nutr.* 1(2): 49-74.

# Proteine

## Biodisponibilità

Il valore nutrizionale, o qualità biologica, di una proteina dipende dalla sua composizione in aminoacidi essenziali (profilo aminoacidico) e dalla biodisponibilità degli stessi e valuta la sua capacità di soddisfare il fabbisogno metabolico in aminoacidi essenziali e azoto. La biodisponibilità si può definire come la misura della quantità di un nutriente, presente in un cibo o nella dieta, che è digerito, assorbito e utilizzato dalle normali vie metaboliche dell'organismo umano [1], ovvero la misura della frazione di utilizzazione di un nutriente ingerito oralmente [2].

La FAO/WHO (2007) ha proposto una serie di profili aminoacidici di riferimento per una proteina "ideale": tali profili variano in relazione alle fasce di età [3].

La biodisponibilità degli aminoacidi dipende da tre caratteristiche degli alimenti assunti [3]: la digeribilità, la disponibilità chimica degli aminoacidi, la presenza di sostanze interferenti.

La digeribilità indica l'assorbimento dell'azoto, e quindi complessivamente degli aminoacidi contenuti nelle proteine: dipende dall'interazione tra il cibo e la persona che lo consuma ed è quindi soggetta a variabilità individuale. Le proteine contenute in alimenti di origine animale (latte, carne ecc.) e le proteine vegetali concentrate o purificate (ad es. le proteine della soia e del glutine) hanno un'elevata digeribilità (>95%).

I prodotti vegetali integri (cereali in chicco e legumi) hanno una digeribilità media (80-90%), mentre le verdure, per la presenza della parete cellulare, di alcuni fattori antinutrizionali e in conseguenza dei processi di lavorazione e trattamento termico, presentano una digeribilità inferiore (50-80%).

Per disponibilità chimica di un aminoacido s'intende la proporzione dell'aminoacido stesso che, una volta assorbito, sia in una forma chimica utilizzabile dall'organismo umano. Alcuni aminoacidi possono presentarsi in una forma chimicamente non disponibile: ciò si riscontra più frequentemente in alimenti sottoposti a trattamento termico o ad altri processi di trasformazione [4]. L'esempio più comune è la perdita di disponibilità di lisina dovuta alla presenza di sostanze formatesi in seguito alla reazione di Maillard.

Altri aminoacidi (triptofano e treonina), ma soprattutto quelli solforati (metionina e cisteina) possono andare incontro a processi di ossidazione, con conseguente diminuzione della biodisponibilità.

L'esposizione degli alimenti proteici al calore e/o a trattamenti alcalinizzanti può inoltre determinare la racemizzazione degli aminoacidi a D-enantiomeri e la

concomitante formazione di lisinoalanina (ad es. nel latte, formaggio, proteine isolate della soia) [5;6] con conseguente limitazione della biodisponibilità.

Molti alimenti contengono sostanze bioattive (proteiche o non) che possono modificare la biodisponibilità di un aminoacido influenzandone la digeribilità o l'utilizzo dopo l'assorbimento [6;7]. Molti alimenti di origine vegetale possono contenere livelli elevati di fattori antinutrizionali, naturalmente presenti (ad es. tannini, fitati, inibitori della tripsina, glucosinolati) o che si formano durante la lavorazione (ad es. D-aminoacidi, lisinoalanina, isotiocianati) o con la modificazione genetica delle colture (ad es. lectine) [6;7]. Bisogna comunque tenere in considerazione che l'importanza e il ruoloSS dei fattori antinutrizionali non è di facile valutazione, infatti la loro presenza e attività può essere sensibilmente modificata prima del consumo dell'alimento.

Molti prodotti di origine vegetale come legumi, cereali, patate e pomodori contengono inibitori enzimatici attivi nelle varie fasi della digestione (anti-tripsina, anti-chimotripsina, anti-carbossipeptidasi, anti-elastasi ed anti- $\alpha$ -amilasi) [8]. Gli inibitori della tripsina sono presenti soprattutto nei fagioli di soia (da 20,3 a 122,6 mg/g di proteina) [6], e, in misura inferiore, nei piselli e nei prodotti a base di soia. Essendo termolabili, questi inibitori possono essere inattivati con processi a caldo come estrusione, bollitura, autoclave, vapore [6] o frazionamento [8]. Tuttavia, prolungati trattamenti al calore, richiesti per la loro inattivazione, possono esercitare effetti avversi sulla digeribilità e sulla qualità proteica [6].

I tannini sono composti idrosolubili polifenolici resistenti al calore [6] e capaci di complessare e precipitare le proteine in soluzioni acquose riducendone la digeribilità; le principali fonti alimentari sono il sorgo, il miglio, diverse varietà di fagioli e piselli.

L'acido fitico è presente nei semi, nei chicchi e nella frutta secca oleosa; nelle piante solitamente è presente sotto forma di sale di cationi mono o divalenti tra cui Mg, Ca, Na, K.

Nella cariosside dei cereali, i fitati non sono presenti uniformemente: si trovano soprattutto nel germe del mais, nella crusca del grano e nel pericarpo del riso: trattamenti che rimuovono o concentrano queste porzioni determinano enormi variazioni del loro contenuto finale [9]. I fitati possono influenzare negativamente l'attività degli enzimi digestivi (es. carbossipeptidasi e amino peptidasi), chelando i cofattori minerali e interagendo con le proteine [6].

Alcuni trattamenti, quali la germinazione, possono determinare un aumento della digeribilità proteica, diminuendo la concentrazione dei polifenoli, dell'acido fitico e delle proteine solubili in seguito all'azione di enzimi proteolitici. Alcuni studi hanno mostrato, ad esempio, un aumento della digeribilità delle proteine del sorgo e *in vitro*, dei fagioli mung, dei ceci e del fagiolo dall'occhio [9-11]. La cottura a pressione o nel microonde dei legumi germogliati sembra diminuire la biodisponibilità delle proteine [9;12].

La fermentazione, infine, è un altro trattamento che consente di migliorare la qualità nutrizionale dei legumi e dei cereali, rendendo più digeribili le proteine. I microrganismi utilizzati nel processo fermentativo sintetizzano enzimi che determinano l'idrolisi di alcuni costituenti degli alimenti così da ottenere un prodotto

con diverse e specifiche caratteristiche organolettiche. In particolare, il processo idrolitico può contribuire a diminuire o eliminare fattori antinutrizionali, migliorando la qualità nutrizionale dell'alimento. È stato dimostrato un aumento della digeribilità proteica della farina di ceci [13], un aumento del contenuto di proteine o di aminoacidi essenziali nel mais [14] e una riduzione dell'attività dell'acido fitico e degli inibitori della tripsina nei semi maturi di anacardi e di zucca [15].

**Tab 2. Fattori che influenzano la biodisponibilità**

### **Fattori favorenti**

#### *Processi di lavorazione degli alimenti*

- Germinazione
- Trattamenti termici (per eliminare inibitori delle proteasi)

### **Fattori inibenti**

#### *Fattori antinutrizionali naturalmente presenti negli alimenti*

- Fitati
- Tannini
- Polifenoli
- Glucosinolati
- Lectine
- Inibitori della tripsina

#### *Fattori antinutrizionali che si formano durante i processi di trasformazione degli alimenti*

- D-aminoacidi
- Lisinoalanina

#### *Processi di lavorazione degli alimenti*

- Trattamenti termici (alterazione delle proteine)

## **Valutazione dello stato di nutrizione**

Un apporto di proteine non adeguato non comporta in tempi brevi manifestazioni cliniche evidenti; tuttavia, tale carenza può essere rilevata con il dosaggio di alcuni marcatori sierici (albumina e transferrina, transtiretina e proteina legante il retinolo), sebbene non specifici.

La determinazione dei fabbisogni proteici si basa innanzi tutto su dati relativi al bilancio d'azoto determinato in individui sani. Una meta-analisi del 2003 che includeva studi sul bilancio azotato ha evidenziato che il fabbisogno di proteine non cambia se la

fonte è di origine animale o vegetale [10]. Gli studi sperimentali inclusi in tale meta-analisi hanno preso in considerazione diete a base di vegetali, con alimenti (cereali e legumi) complementari dal punto di vista proteico (mais e fagioli [11], riso e fagioli [12] o proteine della soia). In particolare, si è evidenziato come, riguardo all'utilizzazione dell'azoto, le proteine dell'isolato proteico di soia siano equivalenti alle proteine animali, mentre le proteine dei cereali e degli altri legumi lo siano meno. Laddove la lisina tende ad essere l'aminoacido limitante, come nelle diete a base prevalente di cereali (specialmente da frumento), è sufficiente l'introduzione di una quantità modesta di proteine vegetali come quelle dei legumi (limitate in aminoacidi solforati) o dei semi oleaginosi per migliorare il valore biologico complessivo delle proteine della dieta. Se si consuma un'ampia varietà di alimenti vegetali e viene soddisfatto il fabbisogno energetico, le proteine vegetali possono agevolmente coprire i fabbisogni nutrizionali proteici [13-15].

## **Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita**

### **Gravidanza e Allattamento**

L'inadeguata introduzione proteica da parte della donna durante la gravidanza comporta un minor peso del neonato alla nascita [16]. Sono pochi gli studi che abbiano valutato il peso alla nascita di lattanti nati da madri vegetariane [17-19]: dai pochi dati disponibili, il peso alla nascita dei figli di madri che seguono una dieta VEG o LOV non risulta significativamente diverso rispetto a quello dei neonati di madri onnivore [18;19] e al peso medio riscontrato nella popolazione di riferimento [17]. Il peso alla nascita dei figli di madri che seguono una dieta macrobiotica è invece significativamente inferiore rispetto all'atteso ed è stato associato ad un minore incremento ponderale delle madri durante la gestazione [18].

Il latte di mamme vegetariane è adeguato dal punto di vista nutrizionale e i bambini allattati al seno da donne vegetariane ben nutrite crescono e si sviluppano normalmente [21;22]. La composizione del latte materno di donne macrobiotiche non presenta un contenuto di proteine significativamente inferiore rispetto a quello di donne onnivore [23].

I neonati vegetariani crescono normalmente durante i primi sei mesi di vita [24;25]. Il tasso di crescita più basso nei neonati vegetariani, pur nei limiti di normalità, è stato interpretato alla luce della maggiore propensione delle madri vegetariane ad allattare al seno più a lungo [26;27].

Relativamente alla prima infanzia, gli studi effettuati non hanno riportato differenze significative tra i neonati nutriti con formule a base di soia, integrate o meno con metionina e quelli che hanno ricevuto formule a base di latte vaccino [28]; inoltre, i valori dei marcatori plasmatici relativi al metabolismo proteico, in particolare l'albumina, sono risultati simili [28;29]. In uno studio condotto su adulti (ancora giovani), nutriti in età infantile con formule a base di soia oppure con latte vaccino per diversi mesi, non si sono riscontrate differenze nel peso e nella statura media [30].

### **Bambini (6 mesi-3 anni)**

La crescita di bambini LOV e VEG è simile a quella di bambini non vegetariani se la dieta è equilibrata [21]. Il tasso di crescita dei bambini vegetariani sembrerebbe dipendere dal tipo di dieta seguita: dai pochi dati disponibili per questa fascia di età, sembra che i bambini che seguono una dieta LOV abbiano una crescita simile ai bambini non vegetariani, mentre nei bambini VEG non macrobiotici, malgrado l'esiguità numerica dei dati, la crescita e lo sviluppo appaiono normali, anche se, tendenzialmente, sembrano avere una statura inizialmente più bassa e ad essere più magri rispetto ai bambini non vegetariani [25-26]

Gli studi su bambini a dieta macrobiotica hanno messo in evidenza come, rispetto agli OMN, l'assunzione proteica giornaliera nella maggior parte dei casi sia estremamente inferiore alle raccomandazioni [20;31]; è stato registrato anche un ritardo della crescita in peso, statura, circonferenze del braccio e della testa [31] e una differenza significativa, particolarmente nel secondo e terzo anno d'età, tra la curva di crescita dei bambini macrobiotici e quella degli altri vegetariani [32].

### **Bambini (4-10 anni)**

I bambini LOV mostrano una crescita simile ai bambini non vegetariani [33-35]. I bambini VEG non macrobiotici tendono a stare entro i limiti dei valori standard di crescita [25;33] mentre i bambini macrobiotici crescono più lentamente [35].

Bambini vegetariani in età prescolare assumono proteine in linea con le raccomandazioni nazionali [36-39], sebbene in quantità minore rispetto ai bambini OMN [27;36;38;39].

I livelli di albumina sia dei bambini vegetariani sia degli OMN sono risultati al di sopra dell'intervallo di normalità [36].

Per le proteine vegetali, essendo differenti da quelle animali in termini di composizione aminoacidica e digeribilità, potrebbe rendersi necessario aumentare l'introduzione proteica nei bambini che seguono una dieta vegana. Secondo Messina [40], nei bambini da 2 a 6 anni sarebbe ragionevole incrementare del 10-15% l'apporto proteico previsto dall'assunzione raccomandata per la popolazione (PRI) [40].

Uno studio condotto su bambini ha messo in evidenza come l'aggiunta di fagioli a una dieta a base di cereali possa contribuire a migliorare la qualità proteica complessiva della dieta se il consumo dei legumi avviene entro un intervallo di 6 ore dal pasto a base di cereali [41]: questo studio sembra suggerire che alimenti vegetali con diversa e complementare composizione aminoacidica debbano essere consumati nello stesso pasto o entro un intervallo di tempo non troppo lungo.

### **Adolescenti (11-18 anni)**

Da alcuni studi descrittivi, la crescita e la progressione del peso dei bambini e adolescenti LOV è risultata paragonabile ai pari età OMN [33;42;43]. Adolescenti prevalentemente LOV hanno mostrato una crescita simile rispetto ai non vegetariani [44] o alla popolazione di riferimento [37], mentre in alcuni gruppi di macrobiotici si è osservato un tasso di crescita inferiore [33;34;37;44-47].

In alcuni studi l'assunzione di proteine dei VEG [48] o LOV [43;49] era inferiore rispetto a quella degli OMN, mentre in altri studi la quantità di proteine assunta era adeguata a soddisfare il fabbisogno proteico raccomandato [37;42;50;51].

Gli adolescenti VEG necessitano di una quantità di proteine leggermente superiore rispetto ad adolescenti LOV e OMN in ragione della composizione aminoacidica e della diversa digeribilità. Messina ritiene che una percentuale di calorie da proteine del 10-13% per un adolescente sedentario e del 7-10% per un adolescente attivo sia adeguata [40].

## **Adulti**

Dalla letteratura scientifica relativa all'adeguatezza dell'apporto proteico dei vegetariani adulti sono stati selezionati 11 lavori [52-62].

In 8 di questi sono stati messi a confronto gruppi di adulti vegetariani e OMN, maschi e femmine.

In generale si può affermare che:

- negli OMN l'apporto proteico, in termini quantitativi, risulta generalmente superiore rispetto a quello dei VEG e dei LOV;
- risulta tuttavia adeguata sia nei VEG che nei LOV l'assunzione di proteine rispetto al fabbisogno.

Andrich *et al* [52] hanno preso in esame le relazioni fra apporto proteico totale, apporto aminoacidico totale ed entità della massa muscolare in tre gruppi campione (20 OMN, 22 LOV, 21 VEG), non rilevando alcuna differenza significativa in nessuno dei parametri esaminati (massa muscolare, apporto aminoacidico totale, leucina, isoleucina, indice di massa corporea). Sebbene vi fossero differenze significative fra i gruppi relativamente all'apporto proteico totale e all'apporto energetico (LOV e VEG consumavano una quantità minore di proteine), l'apporto di aminoacidi essenziali non risultava differente tra i diversi gruppi, indicando che questo non costituiva il fattore limitante nel determinare l'entità della massa muscolare.

In uno studio [59] l'apporto proteico nei tre gruppi esaminati (LOV, LV e macrobiotico) è risultato qualitativamente differente, seppur adeguato al fabbisogno.

Per quanto riguarda i marcatori sierici dello stato nutrizionale proteico, l'albuminemia è risultata normale in due studi condotti su gruppi di vegetariani [53;56]. Albuminemia e creatininemia presentavano valori simili e pressoché sovrapponibili in due gruppi di vegetariani sani: uno con valori di omocisteinemia normali ( $Hcy < 12,0 \mu\text{mol/L}$ ), l'altro con valori più alti ( $Hcy > 12,0 \mu\text{mol/L}$ ) attribuibili a carenza di  $B_{12}$  [60].

Ingenbleek *et al* attribuiscono, tuttavia, al basso apporto alimentare di proteine e di aminoacidi solforati che si può verificare in diete vegetariane non equilibrate, la malnutrizione proteica subclinica e la conseguente iperomocisteinemia [56]. Nello studio sono stati valutati i livelli di vitamina  $B_6$ ,  $B_9$  e  $B_{12}$ , che, risultando normali, escludevano la carenza di questi micronutrienti come causa dell'iperomocisteinemia.

Kniskern *et al* [57] ritengono che i Livelli di assunzione di riferimento (Dietary Reference Intake DRI) per adulti che assumano meno del 45-50% delle proteine complessive della dieta da alimenti di origine animale debba essere aumentato da 0,8 a 1,0 g/kg peso corporeo/die per la ridotta biodisponibilità delle proteine vegetali

rispetto a quelle animali.

### **Anziani**

Ci sono pochi studi che hanno valutato lo stato nutrizionale di anziani vegetariani, per di più, i soggetti reclutati sono molto pochi e paragonati a soggetti di riferimento non della stessa età e/o di paesi diversi

Sia per gli uomini che per le donne vegetariane, l'energia proveniente dalle proteine della dieta era simile [63] o addirittura superiore [64] alle raccomandazioni nazionali.

In alcuni studi, l'assunzione proteica delle donne vegetariane è risultata inferiore rispetto alle donne OMN [64;65]; mentre in un altro studio, la percentuale di energia fornita dalle proteine è risultata simile in donne vegetariane e OMN anche se, per entrambi i gruppi, inferiore alle raccomandazioni [63]. Negli uomini vegetariani l'introito proteico è risultato molto più basso rispetto agli OMN ma, ancora una volta, sufficiente a coprire il fabbisogno [63].

Due studi condotti su anziani di nazionalità asiatica hanno paragonato l'assunzione proteica di donne cinesi vegetariane e OMN. Da entrambi gli studi è emerso che la percentuale di energia proveniente da proteine nelle diete seguite dalle donne vegetariane era nettamente inferiore rispetto a quella delle donne OMN [66;67].

In generale, da questi studi si evince che l'assunzione proteica degli anziani vegetariani è inferiore rispetto a quella degli OMN; in particolare le donne vegetariane spesso non riescono a raggiungere i fabbisogni proteici di riferimento.

Per quanto riguarda la valutazione degli indicatori proteici dello stato nutrizionale non sembrano esserci differenze tra anziani vegetariani e OMN [63;66;68].

Nel complesso questi studi indicano che la maggior parte degli anziani vegetariani ha un'assunzione proteica inferiore agli OMN, anche se nella maggior parte dei casi sufficiente a coprire i fabbisogni, è tuttavia necessario prestare attenzione a queste persone in quanto, con l'avanzare dell'età, spesso diminuisce, per motivi fisiologici, patologici e comportamentali, l'assunzione calorica complessiva.

### **Atleti**

Non esistono studi a lungo termine che abbiano preso in considerazione lo stile alimentare di soggetti vegetariani e OMN in relazione all'attività fisica e alla loro performance. Ancor di più, per ragioni di reclutamento, mancano protocolli sperimentali, qualitativamente adeguati, che abbiano confrontato atleti vegetariani vs atleti OMN di medio o di elevato livello atletico.

Fogelholm [69], in una revisione della letteratura finalizzata a valutare l'importanza dei prodotti carnei e del latte e derivati sulla prestazione sportiva, conclude che una dieta LOV dovrebbe essere adeguata per gli atleti; al contrario, una dieta VEG, per un atleta che abbia un elevato dispendio energetico, potrebbe risultare carente nell'apporto energetico e proteico. Queste considerazioni, comunque, non si basano su studi specifici ma su considerazioni dell'autore. C'è da dire che esiste una casistica, anche se su base aneddotica, di atleti VEG, compresi anche praticanti body building, per i quali comunque non si conoscono eventuali usi di integratori proteici e aminoacidici [69].

Per questi motivi, nel tentativo di poter dare delle indicazioni alla luce delle evidenze scientifiche, seppur limitate, riteniamo opportuno rifarci ad alcune revisioni della letteratura [12;70-73] che, come base di partenza, hanno preso in considerazione i fabbisogni proteici dell'atleta OMN per poi correggerli per la digeribilità proteica delle proteine vegetali.

Secondo l'ADA, il fabbisogno proteico giornaliero per atleti che pratichino sport aerobici risulta 1,2-1,4 g/kg peso corporeo/die, mentre per sport di forza si suggerisce un livello di 1,6-1,7 g/kg peso corporeo/die. Poiché il coefficiente di digeribilità delle proteine vegetali è inferiore rispetto a quello delle proteine animali, si ritiene opportuno, per gli atleti vegetariani, incrementare del 10% (1,3-1,8 g/kg p.c./die) l'apporto proteico rispetto a quello raccomandato per la popolazione OMN.

### **Raccomandazioni/conclusioni**

Una meta-analisi del 2003 che include studi sul bilancio azotato ha evidenziato come non ci siano differenze significative nel fabbisogno di proteine in relazione alla fonte alimentare delle stesse (animali o vegetali). Tuttavia, nelle diete vegetariane la digeribilità delle proteine è ridotta. La digeribilità delle proteine vegetali concentrate e purificate (proteine della soia e glutine) è alta (>95%) ed è paragonabile a quella delle proteine animali; risulta più bassa (80-90%) per i prodotti vegetali integri (cereali in chicco e legumi); è infine compresa tra il 50% e l'80% per le verdure, a causa della presenza della dura e resistente parete cellulare che ne ostacola l'assorbimento, di alcuni fattori antinutrizionali o in seguito a processi di trasformazione.

Pertanto, sebbene il fabbisogno metabolico di proteine per i vegetariani non si discosti da quello dei non vegetariani, potrebbe essere opportuno aumentare del 5-10% la PRI rispetto a quanto indicato nei LARN IV revisione (2014) nella popolazione generale. Tali quantità sono generalmente introdotte con un consumo quotidiano e variato di alimenti appartenenti a tutti i gruppi vegetali, anche in condizioni di elevato fabbisogno (anziani, donne in gravidanza e allattamento e nei bambini in crescita).

## Bibliografia

- (1) BIO1Fairweather-Tait SJ. The concept of bioavailability as it relates to iron nutrition. *Nut Res* 7, 319-325. 1987.
- (2) BIO2Fairweather-Tait SJ (2001) Iron. *J Nutr* 131: 1383S-6S
- (3) WHO/FAO. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Geneva ; 2013. Report No.: 935.
- (4) Rutherford SM, Moughan PJ (2012) Available versus digestible dietary amino acids. *Br J Nutr* 108 Suppl 2: S298-S305.
- (5) Gilani GS (2012) Background on international activities on protein quality assessment of foods. *Br J Nutr* 108 Suppl 2: S168-S182.
- (6) Gilani GS, Wu XC, ., Cockell KA (2012) Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br J Nutr* 108 Suppl 2: S315-S332.
- (7) Gilani G, Cockell KA, Sepehr E (2005) Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *J AOAC Int* 88: 967-87.
- (8) Friedman M, Brandon DL (2001) Nutritional and health benefits of soy proteins. *J Agric Food Chem* 49: 1069-86.
- (9) Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B (2012) Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Br J Nutr* 108 Suppl 2: S183-S211.
- (10) Rand WM, Pellett PL, Young VR (2003) Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 77: 109-27.
- (11) Bourges H, Lopez-Castro BR (1982) Protein requirements of young adult men fed a Mexican rural diet. *Arch Latinoam Nutr* 32: 630-49.
- (12) Vannucchi H, Duarte RM, Dutra de Oliveira JE (1983) Studies on the protein requirement of Brazilian rural workers ("boias frias") given a rice and bean diet. *Int J Vitam Nutr Res* 53: 338-44.
- (13) Istfan N, Murray E, Janghorbani M, Young VR (1983) An evaluation of the nutritional value of a soy protein concentrate in young adult men using the short-term N-balance method. *J Nutr* 113: 2516-23.
- (14) Young VR, Puig M, Queiroz E, Scrimshaw NS, Rand WM (1984) Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. *Am J Clin Nutr* 39: 16-24.
- (15) Inoue G, Fujita Y, Niiyama Y (1973) Studies on protein requirements of young men fed egg protein and rice protein with excess and maintenance energy intakes. *J Nutr* 103: 1673-87.

- (16) King JC (2000) Physiology of pregnancy and nutrient metabolism. *Am J Clin Nutr* 71: 1218S-25S.
- (17) Shull MW, Reed RB, Valadian I, Palombo R, Thorne H, Dwyer JT (1977) Velocities of growth in vegetarian preschool children. *Pediatrics* 60: 410-7.
- (18) Thomas J, Ellis FR (1977) The health of vegans during pregnancy. *Proc Nutr Soc* 36: 46A.
- (19) Ward RJ, Abraham R, McFadyen IR, Haines AD, North WR, Patel M, et al. (1988) Assessment of trace metal intake and status in a Gujerati pregnant Asian population and their influence on the outcome of pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol* 95: 676-82.
- (20) Dagnelie PC, van Staveren WA, Verschuren SA, Hautvast JG (1989) Nutritional status of infants aged 4 to 18 months on macrobiotic diets and matched omnivorous control infants: a population-based mixed-longitudinal study. I. Weaning pattern, energy and nutrient intake. *Eur J Clin Nutr* 43: 311-23.
- (21) Craig WJ, Mangels AR (2009) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 109: 1266-82.
- (22) Finley DA, Lonnerdal B, Dewey KG, Grivetti LE (1985) Breast milk composition: fat content and fatty acid composition in vegetarians and non-vegetarians. *Am J Clin Nutr* 41: 787-800.
- (23) Dagnelie PC, van Staveren WA, Roos AH, Tuinstra LG, Burema J (1992) Nutrients and contaminants in human milk from mothers on macrobiotic and omnivorous diets. *Eur J Clin Nutr* 46: 355-66.
- (24) Dwyer JT, Palombo R, Valadian I, Reed RB (1978) Preschoolers on alternate life-style diets. Associations between size and dietary indexes with diets limited in types of animal foods. *J Am Diet Assoc* 72: 264-70.
- (25) O'Connell JM, Dibley MJ, Sierra J, Wallace B, Marks JS, Yip R (1989) Growth of vegetarian children: The Farm Study. *Pediatrics* 84: 475-81.
- (26) Sanders TA (1988) Growth and development of British vegan children. *Am J Clin Nutr* 48: 822-5.
- (27) van Staveren WA, Dhuyvetter JH, Bons A, Zeelen M, Hautvast JG (1985) Food consumption and height/weight status of Dutch preschool children on alternative diets. *J Am Diet Assoc* 85: 1579-84.
- (28) Fomon SJ, Thomas LN, Filer LJ, Jr., Anderson TA, Bergmann KE (1973) Requirements for protein and essential amino acids in early infancy. Studies with a soy-isolate formula. *Acta Paediatr Scand* 62: 33-45.
- (29) Lasekan JB, Ostrom KM, Jacobs JR, Blatter MM, Ndife LI, Gooch WM, III, et al. (1999) Growth of newborn, term infants fed soy formulas for 1 year. *Clin Pediatr (Phila)* 38: 563-71.
- (30) Strom BL, Schinnar R, Ziegler EE, Barnhart KT, Sammel MD, Macones GA, et al. (2001) Exposure to soy-based formula in infancy and endocrinological and reproductive outcomes in young adulthood. *JAMA* 286: 807-14.
- (31) Dagnelie PC, van Staveren WA (1994) Macrobiotic nutrition and child health: results of a population-based, mixed-longitudinal cohort study in The Netherlands. *Am J Clin Nutr* 59: 1187S-96S.

- (32) Dwyer JT, Andrew EM, Berkey C, Valadian I, Reed RB (1983) Growth in "new" vegetarian preschool children using the Jemms-Bayley curve fitting technique. *Am J Clin Nutr* 37: 815-27.
- (33) Hebbelinck M, Clarys P, De MA (1999) Growth, development, and physical fitness of Flemish vegetarian children, adolescents, and young adults. *Am J Clin Nutr* 70: 579S-85S.
- (34) Sabate J, Lindsted KD, Harris RD, Johnston PK (1990) Anthropometric parameters of schoolchildren with different life-styles. *Am J Dis Child* 144: 1159-63.
- (35) Van DM, Arts IC, Bergsma JS, De JN, Dagnelie PC, van Staveren WA (1996) Catch-up growth in children fed a macrobiotic diet in early childhood. *J Nutr* 126: 2977-83.
- (36) Ambroszkiewicz J, Klemarczyk W, Gajewska J, Chelchowska M, Laskowska-Klita T (2007) Serum concentration of biochemical bone turnover markers in vegetarian children. *Adv Med Sci* 52: 279-82.
- (37) Leung SS, Lee RH, Sung RY, Luo HY, Kam CW, Yuen MP, et al. (2001) Growth and nutrition of Chinese vegetarian children in Hong Kong. *J Paediatr Child Health* 37: 247-53.
- (38) Thane CW, Bates CJ (2000) Dietary intakes and nutrient status of vegetarian preschool children from a British national survey. *J Hum Nutr Diet* 13: 149-62.
- (39) Yen CE, Yen CH, Huang MC, Cheng CH, Huang YC (2008) Dietary intake and nutritional status of vegetarian and omnivorous preschool children and their parents in Taiwan. *Nutr Res* 28: 430-6.
- (40) Messina V, Mangels AR (2001) Considerations in planning vegan diets: children. *J Am Diet Assoc* 101: 661-9.
- (41) Young VR, Pellett PL (1994) Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am J Clin Nutr* 59: 1203S-125S.
- (42) Cooper R, Allen A, Goldberg R, Trevisan M, Van HL, Liu K, et al. (1984) Seventh-Day Adventist adolescents--life-style patterns and cardiovascular risk factors. *West J Med* 140: 471-7.
- (43) Persky VW, Chatterton RT, Van Horn LV, Grant MD, Langenberg P, Marvin J (1992) Hormone levels in vegetarian and nonvegetarian teenage girls: potential implications for breast cancer risk. *Cancer Res* 52: 578-83.
- (44) Nathan I, Hackett AF, Kirby S (1997) A longitudinal study of the growth of matched pairs of vegetarian and omnivorous children, aged 7-11 years, in the north-west of England. *Eur J Clin Nutr* 51: 20-5.
- (45) Dagnelie PC, van Dusseldorp M, van Staveren WA, Hautvast JG (1994) Effects of macrobiotic diets on linear growth in infants and children until 10 years of age. *Eur J Clin Nutr* 48 Suppl 1: S103-S111.
- (46) Sabate J, Lindsted KD, Harris RD, Sanchez A (1991) Attained height of lacto-ovo vegetarian children and adolescents. *Eur J Clin Nutr* 45: 51-8.
- (47) Sanders TA (1995) Vegetarian diets and children. *Pediatr Clin North Am* 42: 955-65.
- (48) Larsson CL, Johansson GK (2002) Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr* 76: 100-6.

- (49) Houghton LA, Green TJ, Donovan UM, Gibson RS, Stephen AM, O'Connor DL (1997) Association between dietary fiber intake and the folate status of a group of female adolescents. *Am J Clin Nutr* 66: 1414-21.
- (50) Perry CL, McGuire MT, Neumark-Sztainer D, Story M (2002) Adolescent vegetarians: how well do their dietary patterns meet the healthy people 2010 objectives? *Arch Pediatr Adolesc Med* 156: 431-7.
- (51) Nathan I, Hackett AF, Kirby S (1996) The dietary intake of a group of vegetarian children aged 7-11 years compared with matched omnivores. *Br J Nutr* 75: 533-44.
- (52) Andrich DE, Filion ME, Woods M, Dwyer JT, Gorbach SL, Goldin BR, et al. (2011) Relationship between essential amino acids and muscle mass, independent of habitual diets, in pre- and post-menopausal US women. *Int J Food Sci Nutr* 62: 719-24.
- (53) Caso G, Scalfi L, Marra M, Covino A, Muscaritoli M, McNurlan MA, et al. (2000) Albumin synthesis is diminished in men consuming a predominantly vegetarian diet. *J Nutr* 130: 528-33.
- (54) Delanghe J, De Slypere JP, De Buyzere M, Robbrecht J, Wieme R, Vermeulen A (1989) Normal reference values for creatine, creatinine, and carnitine are lower in vegetarians. *Clin Chem* 35: 1802-3.
- (55) Huang YC, Chang SJ, Chiu YT, Chang HH, Cheng CH (2003) The status of plasma homocysteine and related B-vitamins in healthy young vegetarians and nonvegetarians. *Eur J Nutr* 42: 84-90.
- (56) Ingenbleek Y, McCully KS (2012) Vegetarianism produces subclinical malnutrition, hyperhomocysteinemia and atherogenesis. *Nutrition* 28: 148-53.
- (57) Kniskern MA, Johnston CS (2011) Protein dietary reference intakes may be inadequate for vegetarians if low amounts of animal protein are consumed. *Nutrition* 27: 727-30.
- (58) Laidlaw SA, Shultz TD, Cecchino JT, Kopple JD (1988) Plasma and urine taurine levels in vegans. *Am J Clin Nutr* 47: 660-3.
- (59) Leblanc JC, Yoon H, Kombadjian A, Verger P (2000) Nutritional intakes of vegetarian populations in France. *Eur J Clin Nutr* 54: 443-9.
- (60) Sebekova K, Krajcovicova-Kudlackova M, Blazicek P, Parrak V, Schinzel R, Heidland A (2003) Functional hyperhomocysteinemia in healthy vegetarians: no association with advanced glycation end products, markers of protein oxidation, or lipid peroxidation after correction with vitamin B(12). *Clin Chem* 49: 983-6.
- (61) Turner-McGrievy GM, Barnard ND, Scialli AR, Lanou AJ (2004) Effects of a low-fat vegan diet and a Step II diet on macro- and micronutrient intakes in overweight postmenopausal women. *Nutrition* 20: 738-46.
- (62) Thorpe DL, Knutsen SF, Beeson WL, Rajaram S, Fraser GE (2008) Effects of meat consumption and vegetarian diet on risk of wrist fracture over 25 years in a cohort of peri- and postmenopausal women. *Public Health Nutr* 11: 564-72.
- (63) Deriemaeker P, Aerenhouts D, De Ridder D, Hebbelinck M, Clarys P (2011) Health aspects, nutrition and physical characteristics in matched samples of institutionalized vegetarian and non-vegetarian elderly (> 65yrs). *Nutr Metab (Lond)* 8: 37.

- (64) Tylavsky FA, Anderson JJ (1988) Dietary factors in bone health of elderly lactoovovegetarian and omnivorous women. *Am J Clin Nutr* 48: 842-9.
- (65) Barbosa JC, Shultz TD, Filley SJ, Nieman DC (1990) The relationship among adiposity, diet, and hormone concentrations in vegetarian and nonvegetarian postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 51: 798-803.
- (66) Woo J, Kwok T, Ho SC, Sham A, Lau E (1998) Nutritional status of elderly Chinese vegetarians. *Age Ageing* 27: 455-61.
- (67) Lau EM, Kwok T, Woo J, Ho SC (1998) Bone mineral density in Chinese elderly female vegetarians, vegans, lacto-vegetarians and omnivores. *Eur J Clin Nutr* 52: 60-4.
- (68) Brants HA, Lowik MR, Westenbrink S, Hulshof KF, Kistemaker C (1990) Adequacy of a vegetarian diet at old age (Dutch Nutrition Surveillance System). *J Am Coll Nutr* 9: 292-302.
- (69) Fogelholm M (2003) Dairy products, meat and sports performance. *Sports Med* 33: 615-31.
- (70) Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S (2009) American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 41: 709-31.
- (71) ADA (2000) Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 100: 1543-56.
- (72) Venderley AM, Campbell WW (2006) Vegetarian diets : nutritional considerations for athletes. *Sports Med* 36: 293-305.
- (73) Barr SI, Rideout CA (2004) Nutritional considerations for vegetarian athletes. *Nutrition* 20: 696-703.

## Vitamina B<sub>12</sub>

### Biodisponibilità

La vitamina B<sub>12</sub> è presente negli alimenti di origine animale in piccole quantità. Fra i vegetali, alcune alghe utilizzate in cucina o come integratori alimentari da gruppi di vegetariani (igienisti, crudisti) possono contenere discrete quantità di vitamina B<sub>12</sub>; tuttavia, nelle alghe, la biodisponibilità della vitamina B<sub>12</sub> varia a seconda della specie e può essere estremamente bassa. Tali alimenti, inoltre, contengono prevalentemente analoghi della vitamina B<sub>12</sub>, biologicamente inattivi, che possono interferire con l'assorbimento delle forme attive. Per tali motivi le alghe non possono essere considerate una fonte affidabile di vitamina B<sub>12</sub> per l'essere umano. Oltre alle alghe, anche i prodotti fermentati a base di soia, presenti in vari tipi di alimentazione vegetariana, non rappresentano una fonte affidabile di vitamina B<sub>12</sub> [1].

La biodisponibilità della vitamina B<sub>12</sub> è condizionata da diversi fattori:

- 1- In condizioni fisiologiche, poiché il sistema di assorbimento intestinale Fattore Intrinseco-dipendente si satura quando con il pasto si assumono 1,5-2,5 µg di vitamina B<sub>12</sub>, la biodisponibilità di vitamina B<sub>12</sub> diminuisce notevolmente con assunzioni singole di dosi crescenti [2].
- 2- La biodisponibilità di vitamina B<sub>12</sub> a partire dai diversi alimenti animali, che forniscano una quantità inferiore a 2 µg/pasto, è variabile [3]. In relazione a ciò, le assunzioni alimentari di riferimento sono calcolate sulla base della stima che individui adulti sani, con normale funzione gastrointestinale, siano in grado di assorbire il 50% della vitamina B<sub>12</sub> presente nella dieta.
- 3- La biodisponibilità della vitamina B<sub>12</sub> è ridotta in presenza di qualunque situazione che ne alteri l'assorbimento intestinale (ad es. gastrite atrofica, riduzione dell'acidità gastrica, anche iatrogena, anemia perniziosa, ileite terminale).
- 4- La vitamina in forma cristallina, contenuta negli alimenti fortificati e negli integratori, risulta meglio assorbibile in confronto a quella contenuta nel cibo, e viene raccomandata in condizioni di possibili difetti di assorbimento [2;4].
- 5- L'assorbimento della forma cristallina è migliore nelle formulazioni sublinguali o dopo aver accuratamente masticato la pastiglia prima di deglutirla [5].

- 6- La biodisponibilità di vitamina B<sub>12</sub> può essere ridotta dalla terapia con metformina [6-10] o con inibitori di pompa [11-15], per differenti meccanismi che interferiscono con l'assorbimento.

Pertanto, a prescindere da eventuali situazioni di limitato assorbimento:

- per la vitamina derivante dal cibo, nei LOV la biodisponibilità dipende dal tipo di alimenti animali assunti (latticini, uova e derivati);
- per la vitamina derivante da integratori, in tutti gli individui (inclusi LOV e VEG) la biodisponibilità dipende dalla posologia della singola dose, frequenza di assunzione e formulazione dell'integratore.

### **Valutazione dello stato di nutrizione**

L'assenza di B<sub>12</sub> negli alimenti di origine vegetale spiega come gli unici casi clinici di carenza di vitamina B<sub>12</sub> alimentare siano stati descritti esclusivamente in individui VEG che non integravano la vitamina come raccomandato. La carenza di vitamina B<sub>12</sub> può manifestarsi lentamente, in quanto i depositi epatici ne sostengono il fabbisogno fino a 3-5 anni in assenza di Fattore Intrinseco (IF) e fino a un anno in assenza di capacità di riassorbimento enteroepatico. Quando i depositi sono limitati e il fabbisogno dovuto alla velocità di crescita è elevato (ad es. nei bambini allattati al seno di madri VEG che non integrino la vitamina come raccomandato), i sintomi clinici possono comparire più precocemente.

Nei vegetariani l'assunzione di folati è elevata. Dunque va precisato che, diversamente da quanto descritto per gli individui OMN, possono non manifestarsi le alterazioni degli indicatori ematologici quali il volume cellulare medio (MCV), ematocrito, emoglobina, risposta reticolocitaria e ipersegmentazione dei leucociti possono mancare; quindi in questa popolazione è consigliabile valutare periodicamente lo stato di nutrizione per la vitamina B<sub>12</sub>, attraverso i marcatori specifici [5]. I folati non sono in grado, per contro, di supplire agli effetti della carenza di vitamina B<sub>12</sub> sul sistema nervoso.

Come ben descritto nei LARN IV revisione (2014), il valore plasmatico di vitamina B<sub>12</sub> non è sufficientemente specifico per la valutazione dello stato di carenza, in quanto include anche il dosaggio della sua forma metabolicamente inerte (Cbl-Aptocorrina). Poiché tuttavia i parametri discussi nei LARN IV revisione (2014), acido Metil Malonico plasmatico (sMMA) e Olotranscobalamina II (TCII-Cbl), non sono ancora accertamenti effettuabili di routine, e poiché le diete vegetariane abbondano di folati e vitamina B<sub>6</sub>, l'unico parametro per la valutazione precoce dello stato nutrizionale affidabile e di facile esecuzione, appare essere l'omocisteina (HCY). Valori di normalità sono considerati <12 µmol/L [16].

Inoltre, considerando le difficoltà pratiche appena esposte, elevare i valori di normalità per la vitamina B<sub>12</sub> a 360 pmol/L (488 pg/mL) potrebbe rivelarsi utile, come suggerito da Herrmann *et al* [17]: indirettamente questo valore assicurerebbe che anche i livelli

di TCII-Cbl, forma attiva della B<sub>12</sub>, ricadano nel valore di normalità (>35 pmol/L), dal momento che essa lega circa il 10%-30% della B<sub>12</sub> totale circolante [17].

## **Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita**

Negli studi che hanno valutato lo stato nutrizionale della B<sub>12</sub> nei vegetariani, a uno stato nutrizionale compromesso non corrispondevano segni clinici di carenza (che compaiono al IV e ultimo stadio), e che sono stati descritti in alcuni “case-report” da altri autori. Relativamente ai parametri valutati nei diversi studi (vitamina B<sub>12</sub>, HCY, TCII-Cbl, e MMA sierico e urinario), solo gli studi più recenti hanno analizzato gli indicatori più sensibili. La valutazione della prevalenza è discrepante tra gli studi, a causa dei differenti valori di cut-off utilizzati per la definizione di stato carenziale. Pertanto la prevalenza del deficit, che può essere ricavata nei vari studi, è estremamente variabile e purtroppo non può essere utilizzata per confronti. Inoltre, questi studi presentano importanti differenze metodologiche: alcuni, infatti, analizzano separatamente LOV e VEG, altri li considerano un’unica categoria (vegetariani).

### **Gravidanza e Allattamento**

Uno studio condotto in Olanda su donne LOV in gravidanza riporta che i livelli di vitamina B<sub>12</sub> si riducono nel corso della gestazione e risultano significativamente inferiori rispetto al gruppo di controllo OMN. Nel 25% era presente una combinazione di bassi livelli di vitamina B<sub>12</sub> ed elevati livelli di HCY in almeno 1 dei 3 trimestri [18].

### **Bambini (6 mesi-3 anni)**

Nella letteratura internazionale sono descritti un centinaio di “case-report” su bambini di differenti paesi che hanno sviluppato un deficit di vitamina B<sub>12</sub>. Di questi, due terzi erano figli di madri vegetariane, mentre un quarto erano figli di madri affette da anemia perniziosa [19].

Tre soli studi hanno analizzato lo stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> in bambini macrobiotici. In due studi, riferiti alla stessa coorte olandese, i bambini presentavano livelli ematici di vitamina B<sub>12</sub> molto bassi [20;21], mentre un altro studio norvegese ha riportato una elevata prevalenza di deficit di vitamina B<sub>12</sub> in un gruppo di 41 bambini [22]: l’85.4% dei soggetti risultava carente (deficit definito come sMMA>0.43 µmol/L).

### **Bambini e Adolescenti (4-18 anni)**

Anche in questa fascia d’età in letteratura sono presenti studi che hanno preso in considerazione solamente soggetti macrobiotici, e altri invece che hanno valutato soggetti vegetariani non-macrobiotici.

Tre studi condotti in Olanda e America su macrobiotici hanno evidenziato una costante alterazione dello stato nutrizionale della B<sub>12</sub> [23-25]. Due di questi studi si riferiscono

alla stessa coorte di soggetti che avevano aderito a una dieta macrobiotica nei primi 6 anni di vita ed erano successivamente passati a una dieta LV, LOV, od OMN [23;25].

La maggioranza dei 6 studi identificati su vegetariani non-macrobiotici riporta che i soggetti (LOV+VEG, LOV) presentano valori medi normali di vitamina B<sub>12</sub> (e, quando valutata, di HCY) [26-30]. Un unico studio condotto in Nuova Zelanda su 6 emigranti indiani asiatici LOV, riporta una prevalenza di deficit del 50% [31].

### **Adulti e Anziani**

Nel mondo sono stati condotti vari studi sullo stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> negli adulti vegetariani. Tuttavia, poiché i soggetti anziani sono stati inclusi nel gruppo degli adulti, non è possibile analizzare la letteratura distinguendo i due gruppi di età.

Una rassegna sistematica con metanalisi condotta su 17 studi (3.230 partecipanti LOV/LV e VEG) [32] rileva che, nonostante in 2 studi le concentrazioni plasmatiche medie di HCY e vitamina B<sub>12</sub> dei vegetariani non differiscano da quelle degli OMN [30;33], l'analisi complessiva evidenzia che i VEG hanno i più elevati valori medi di HCY e i più bassi valori medi di B<sub>12</sub>, mentre i valori dei LOV si collocano in posizione intermedia tra VEG e OMN.

L'unico studio condotto su soggetti macrobiotici adulti che consumavano occasionalmente alimenti animali riporta una prevalenza di deficit del 30-51%, a seconda dei parametri esaminati [24]. Altri due studi, che hanno valutato lo stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> in crudisti VEG, riportano una prevalenza di deficit del 47-57% [34;35]. In un quarto studio, dove tra l'altro erano presenti anche soggetti che includevano alimenti animali crudi (carne, pesce, latte, uova), lo stato nutrizionale della B<sub>12</sub> è risultato compromesso in tutti i soggetti, anche se nei vegetariani il rischio è risultato più elevato [36].

In 16 studi condotti su VEG i valori medi di almeno uno dei parametri che definiscono lo stato nutrizionale della B<sub>12</sub> si collocano nel range carenziale, e/o una notevole percentuale di VEG presenta uno stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> compromesso (2,4-92%, in funzione del parametro e del cut-off utilizzato) [16;37-51]. In due di questi studi, una piccola percentuale di soggetti VEG assumeva integratori di vitamina B<sub>12</sub> e/o alimenti addizionati con vitamina B<sub>12</sub> [38;43], mentre in tutti gli altri l'integrazione rappresentava un criterio di esclusione al reclutamento. Altri due studi riportano invece livelli ematici di vitamina B<sub>12</sub> non significativamente deficitari [16;33], ma nel primo il 36% dei VEG utilizzava integratori di vitamina B<sub>12</sub>. Madry [52] ha infine condotto uno studio prospettico di 5 anni su 20 adulti OMN che erano passati a una dieta VEG per 5 anni: il calo dei livelli sierici di vitamina B<sub>12</sub> erano evidenti solamente tra coloro che non assumevano integratori, indicando che una dieta VEG equilibrata, con l'inclusione di una fonte metabolicamente utilizzabile di vitamina B<sub>12</sub>, mantiene normale lo stato nutrizionale della B<sub>12</sub> nel tempo.

Sono pochi gli studi condotti su vegetariani (considerati nei differenti studi come LOV, LV, oppure LOV+VEG) che trovano livelli sierici medi di vitamina B<sub>12</sub> nel range di

normalità o non differenti da quelli degli OMN [16;48;50]. Complessivamente, nei 27 studi analizzati, i valori medi di almeno uno dei parametri si colloca nel range carenziale, e/o una notevole proporzione di soggetti presenta uno stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> compromesso (4,7-79% in funzione del cut-off utilizzato) [16;30;38;41-51;53-65]. Fa eccezione lo studio di Chen *et al* [66], che in un campione di vegetariani di Taiwan ha osservato valori medi di HCY nel limite della norma anche se superiori a quelli degli OMN. Herrmann *et al* riporta la presenza di deficit funzionale di vitamina B<sub>12</sub> in circa il 55% dei vegetariani, ribadendo l'importanza del monitoraggio dello stato nutrizionale della vitamina in questo gruppo di popolazione [54] proponendo delle Linee Guida per il trattamento e la prevenzione della carenza [67].

## Raccomandazioni/conclusioni

È imperativo che l'attenzione nei confronti dello stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub> di tutti i soggetti a rischio divenga una prassi consolidata di prevenzione.

Si raccomanda di includere nelle diete, sia VEG sia LOV, quantità adeguate di vitamina B<sub>12</sub> metabolicamente utilizzabile, attraverso alimenti e/o integratori in forma cristallina di derivazione batterica. Le indicazioni sulle modalità di integrazione devono tener conto della biodisponibilità della vitamina, del contenuto della singola dose, della modalità e frequenza di assunzione. Si raccomanda sempre l'utilizzo della formulazione sublinguale o l'accurata masticazione della pastiglia prima che sia deglutita, mentre per i bambini è più adatta la formulazione in gocce.

L'EFSA propone in un suo recente documento [68], le raccomandazioni in forma di AI, compatibili con il normale livello dei metaboliti (pre-stadio III) e con una biodisponibilità stimata del 40%; ricordiamo che la PRI indicata nel LARN IV revisione (2014) è stata calcolata sulla base delle modificazioni della serie ematica, condizione quindi di carenza clinica (stadio IV) e una biodisponibilità stimata del 50%.

Anche in considerazione del documento EFSA, è possibile fornire le seguenti indicazioni<sup>1</sup> per il mantenimento:

		Vitamina B <sub>12</sub> (cianocobalamina)		
Età	LARN (PRI) (µg)	EFSA (AI) (µg)	Più assunzioni giornaliere	Monoassunzione giornaliera (µg)
6 - 12 mesi	0.7	1.5	1µg x2	5
1 - 3 anni	0.9	1.5	1µg x2	5
4 - 6 anni	1.1	1.5	2µg x2	25
7-10 anni	1.6	2.5	2µg x2	25
11 -14 anni	2.2	3.5	2µg x3	50
15 -64 anni	2.4	4.0	2µg x3	50
65+ anni	2.4	4.0	2µg x3	50
gravidanza	2.6	4.5	2µg x3	50
allattamento	2.8	5.0	2µg x3	50

Tab. 3. Indicazioni per il mantenimento

<sup>1</sup> Si segnala che all'estero sono commercializzati integratori ad alto dosaggio per assunzione settimanale (1000 mcg 2 volte alla settimana a partire dagli 11 anni di età).

In caso di carenza, la posologia deve essere superiore nel primo periodo, con modalità che vanno individualizzate. Le indicazioni sono inoltre applicabili alla sola cianocobalamina, in quanto non sono disponibili evidenze scientifiche sull'integrazione con altre forme chimiche della vitamina.

## Bibliografia

- (1) Craig WJ, Mangels AR (2009) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 109: 1266-82.
- (2) Allen LH (2009) How common is vitamin B-12 deficiency? *Am J Clin Nutr* 89: 693S-6S.
- (3) Watanabe F (2007) Vitamin B12 sources and bioavailability. *Exp Biol Med (Maywood)* 232: 1266-74.
- (4) McGuire S (2011) U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services, *Dietary Guidelines for Americans, 2010*. 7th Edition, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, January 2011. *Adv Nutr* 2: 293-4.
- (5) Mangels R, Messina V, Messina M. *The Dietitian's Guide to Vegetarian Diets*. In: Jones and Bartlett Learning, editor. Ontario, Canada: 2011. p. 181.
- (6) Andres E, Goichot B, Schlienger JL (2000) Food cobalamin malabsorption: a usual cause of vitamin B12 deficiency. *Arch Intern Med* 160: 2061-2.
- (7) de JJ, Kooy A, Lehert P, Wulffele MG, van der KJ, Bets D, et al. (2010) Long term treatment with metformin in patients with type 2 diabetes and risk of vitamin B-12 deficiency: randomised placebo controlled trial. *BMJ* 340: c2181.
- (8) Bauman WA, Shaw S, Jayatilleke E, Spungen AM, Herbert V (2000) Increased intake of calcium reverses vitamin B12 malabsorption induced by metformin. *Diabetes Care* 23: 1227-31.
- (9) Liu KW, Dai LK, Jean W (2006) Metformin-related vitamin B12 deficiency. *Age Ageing* 35: 200-1.
- (10) Buvat DR (2004) Use of metformin is a cause of vitamin B12 deficiency. *Am Fam Physician* 69: 264.
- (11) Bradford GS, Taylor CT (1999) Omeprazole and vitamin B12 deficiency. *Ann Pharmacother* 33: 641-3.
- (12) Howden CW (2000) Vitamin B12 levels during prolonged treatment with proton pump inhibitors. *J Clin Gastroenterol* 30: 29-33.
- (13) Valuck RJ, Ruscin JM (2004) A case-control study on adverse effects: H2 blocker or proton pump inhibitor use and risk of vitamin B12 deficiency in older adults. *J Clin Epidemiol* 57: 422-8.
- (14) Termanini B, Gibril F, Sutliff VE, Yu F, Venzon DJ, Jensen RT (1998) Effect of long-term gastric acid suppressive therapy on serum vitamin B12 levels in patients with Zollinger-Ellison syndrome. *Am J Med* 104: 422-30.
- (15) Force RW, Nahata MC (1992) Effect of histamine H2-receptor antagonists on vitamin B12 absorption. *Ann Pharmacother* 26: 1283-6.

- (16) Herrmann W, Schorr H, Purschwitz K, Rassoul F, Richter V (2001) Total homocysteine, vitamin B(12), and total antioxidant status in vegetarians". *Clin Chem* 47: 1094-101.
- (17) Herrmann W, Geisel J (2002) Vegetarian lifestyle and monitoring of vitamin B-12 status. *Clin Chim Acta* 326: 47-59.
- (18) Koebnick C, Hoffmann I, Dagnelie PC, Heins UA, Wickramasinghe SN, Ratnayaka ID, et al. (2004) Long-term ovo-lacto vegetarian diet impairs vitamin B-12 status in pregnant women. *J Nutr* 134: 3319-26.
- (19) Mathey C, Di Marco JN, Poujol A, Cournelle MA, Brevaut V, Livet MO, et al. (2007) [Failure to thrive and psychomotor regression revealing vitamin B12 deficiency in 3 infants]. *Arch Pediatr* 14: 467-71.
- (20) Dagnelie PC, van Staveren WA, Hautvast JG (1991) Stunting and nutrient deficiencies in children on alternative diets. *Acta Paediatr Scand Suppl* 374: 111-8.
- (21) Dagnelie PC, van Staveren WA (1994) Macrobiotic nutrition and child health: results of a population-based, " mixed-longitudinal cohort study in The Netherlands. *Am J Clin Nutr* 59: 1187S-96S.
- (22) Schneede J, Dagnelie PC, van Staveren WA, Vollset SE, Refsum H, Ueland PM (1994) Methylmalonic acid and homocysteine in plasma as indicators of functional cobalamin deficiency in infants on macrobiotic diets. *Pediatr Res* 36: 194-201.
- (23) Dhonukshe-Rutten RA, van Dusseldorp M, Schneede J, de Groot LC, van Staveren WA (2005) Low bone mineral density and bone mineral content are associated with low cobalamin status in adolescents. *Eur J Nutr* 44: 341-7.
- (24) Miller DR, Specker BL, Ho ML, Norman EJ (1991) Vitamin B-12 status in a macrobiotic community. *Am J Clin Nutr* 53: 524-9.
- (25) van Dusseldorp M, Schneede J, Refsum H, Ueland PM, Thomas CM, de Boer E, et al. (1999) Risk of persistent cobalamin deficiency in adolescents fed a macrobiotic diet in early life. *Am J Clin Nutr* 69: 664-71.
- (26) Ambroszkiewicz J, Klemarczyk W, Chelchowska M, Gajewska J, Laskowska-Klita T (2006) Serum homocysteine, folate, vitamin B12 and total antioxidant status in" vegetarian children. *Adv Med Sci* 51: 265-8.
- (27) Laskowska-Klita T, Chelchowska M, Ambroszkiewicz J, Gajewska J, Klemarczyk W (2011) The effect of vegetarian diet on selected essential nutrients in children. *Med Wieku Rozwoj* 15: 318-25.
- (28) Leung SS, Lee RH, Sung RY, Luo HY, Kam CW, Yuen MP, et al. (2001) Growth and nutrition of Chinese vegetarian children in Hong Kong. *J Paediatr Child Health* 37: 247-53.
- (29) Thane CW, Bates CJ (2000) Dietary intakes and nutrient status of vegetarian preschool children from a British national survey. *J Hum Nutr Diet* 13: 149-62.
- (30) Yen CE, Yen CH, Cheng CH, Huang YC (2010) Vitamin B-12 status is not associated with plasma homocysteine in parents and their preschool children: lacto-ovo, lacto, and ovo vegetarians and omnivores. *J Am Coll Nutr* 29: 7-13.
- (31) Rush EC, Chhichhia P, Hinckson E, Nabiryo C (2009) Dietary patterns and vitamin B(12) status of migrant Indian preadolescent girls. *Eur J Clin Nutr* 63: 585-7.

- (32) Obersby D, Chappell DC, Dunnett A, Tsiami AA (2013) Plasma total homocysteine status of vegetarians compared with omnivores: a systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr* 109: 785-94.
- (33) Haddad EH, Berk LS, Kettering JD, Hubbard RW, Peters WR (1999) Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared" with nonvegetarians. *Am J Clin Nutr* 70: 586S-93S.
- (34) Donaldson MS (2000) Metabolic vitamin B12 status on a mostly raw vegan diet with follow-up using. *Ann Nutr Metab* 44: 229-34.
- (35) Rauma AL, Torronen R, Hanninen O, Mykkanen H (1995) Vitamin B-12 status of long-term adherents of a strict uncooked vegan diet ("living food diet") is compromised. *J Nutr* 125: 2511-5.
- (36) Koebnick C, Garcia AL, Dagnelie PC, Strassner C, Lindemans J, Katz N, et al. (2005) Long-term consumption of a raw food diet is associated with favorable serum LDL cholesterol and triglycerides but also with elevated plasma homocysteine and low serum HDL cholesterol in humans. *J Nutr* 135: 2372-8.
- (37) Bar-Sella P, Rakover Y, Ratner D (1990) Vitamin B12 and folate levels in long-term vegans. *Isr J Med Sci* 26: 309-12.
- (38) Bissoli L, Di F, V, Ballarin A, Mandragona R, Trespidi R, Brocco G, et al. (2002) Effect of vegetarian diet on homocysteine levels. *Ann Nutr Metab* 46: 73-9.
- (39) Crane M, Sample C, Patchett S, Register D. Vitamin B12 in total vegetarians (vegans). *J Nutr Med* 4, 419-430. 1994.  
Ref Type: Journal (Full)
- (40) Crane M, Sample C, Register D, Lukens R, Gregory R. Cobalamin (CBL) studies on two total vegetarian (vegan) families. *Veg Nutr* 23, 87-92. 1998.  
Ref Type: Journal (Full)
- (41) Geisel J, Schorr H, Bodis M, Isber S, Hubner U, Knapp JP, et al. (2005) The vegetarian lifestyle and DNA methylation. *Clin Chem Lab Med* 43: 1164-9.
- (42) Gilsing AM, Crowe FL, Lloyd-Wright Z, Sanders TA, Appleby PN, Allen NE, et al. (2010) Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores," vegetarians and vegans: results from a cross-sectional analysis of the EPIC-Oxford cohort study. *Eur J Clin Nutr* 64: 933-9.
- (43) Herrmann W, Obeid R, Schorr H, Geisel J (2003) Functional vitamin B12 deficiency and determination of holotranscobalamin in populations at risk. *Clin Chem Lab Med* 41: 1478-88.
- (44) Herrmann W, Obeid R, Schorr H, Geisel J (2005) The usefulness of holotranscobalamin in predicting vitamin B12 status in different clinical settings. *Curr Drug Metab* 6: 47-53.
- (45) Herrmann W, Obeid R, Schorr H, Hubner U, Geisel J, Sand-Hill M, et al. (2009) Enhanced bone metabolism in vegetarians--the role of vitamin B12 deficiency. *Clin Chem Lab Med* 47: 1381-7.
- (46) Hokin BD, Butler T (1999) Cyanocobalamin (vitamin B-12) status in Seventh-day Adventist ministers in Australia. *Am J Clin Nutr* 70: 576S-8S.
- (47) Krajcovicova-Kudlackova M, Blazicek P, Kopcova J, Bederova A, Babinska K (2000) Homocysteine levels in vegetarians versus omnivores. *Ann Nutr Metab* 44: 135-8.

- (48) Majchrzak D, Singer I, Manner M, Rust P, Genser D, Wagner KH, et al. (2006) B-vitamin status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. *Ann Nutr Metab* 50: 485-91.
- (49) Mann NJ, Li D, Sinclair AJ, Dudman NP, Guo XW, Elsworth GR, et al. (1999) The effect of diet on plasma homocysteine concentrations in healthy male subjects. *Eur J Clin Nutr* 53: 895-9.
- (50) Obeid R, Geisel J, Schorr H, Hubner U, Herrmann W (2002) The impact of vegetarianism on some haematological parameters. *Eur J Haematol* 69: 275-9.
- (51) Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A (2004) Homocysteine and cobalamin status in German vegans. *Public Health Nutr* 7: 467-72.
- (52) Madry E, Lisowska A, Grebowiec P, Walkowiak J (2012) The impact of vegan diet on B-12 status in healthy omnivores: five-year prospective study. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 11: 209-12.
- (53) Gammon CS, von Hurst PR, Coad J, Kruger R, Stonehouse W (2012) Vegetarianism, vitamin B12 status, and insulin resistance in a group of predominantly overweight/obese South Asian women. *Nutrition* 28: 20-4.
- (54) Herrmann W, Schorr H, Obeid R, Geisel J (2003) Vitamin B-12 status, particularly holotranscobalamin II and methylmalonic acid". *Am J Clin Nutr* 78: 131-6.
- (55) Huang YC, Chang SJ, Chiu YT, Chang HH, Cheng CH (2003) The status of plasma homocysteine and related B-vitamins in healthy young vegetarians and nonvegetarians. *Eur J Nutr* 42: 84-90.
- (56) Hung CJ, Huang PC, Lu SC, Li YH, Huang HB, Lin BF, et al. (2002) Plasma homocysteine levels in Taiwanese vegetarians are higher than those of omnivores. *J Nutr* 132: 152-8.
- (57) Karabudak E, Kiziltan G, Cigerim N (2008) A comparison of some of the cardiovascular risk factors in vegetarian and omnivorous Turkish females. *J Hum Nutr Diet* 21: 13-22.
- (58) Krivosikova Z, Krajcovicova-Kudlackova M, Spustova V, Stefikova K, Valachovicova M, Blazicek P, et al. (2010) The association between high plasma homocysteine levels and lower bone mineral density in Slovak women: the impact of vegetarian diet. *Eur J Nutr* 49: 147-53.
- (59) Kwok T, Cheng G, Woo J, Lai WK, Pang CP (2002) Independent effect of vitamin B12 deficiency on hematological status in older Chinese vegetarian women. *Am J Hematol* 70: 186-90.
- (60) Kwok T, Cheng G, Lai WK, Poon P, Woo J, Pang CP (2004) Use of fasting urinary methylmalonic acid to screen for metabolic vitamin B12 deficiency in older persons. *Nutrition* 20: 764-8.
- (61) Reddy S, Sanders TA (1990) Haematological studies on pre-menopausal Indian and Caucasian vegetarians compared with Caucasian omnivores. *Br J Nutr* 64: 331-8.
- (62) Refsum H, Yajnik CS, Gadkari M, Schneede J, Vollset SE, Orning L, et al. (2001) Hyperhomocysteinemia and elevated methylmalonic acid indicate a high prevalence of cobalamin deficiency in Asian Indians. *Am J Clin Nutr* 74: 233-41.
- (63) Su TC, Jeng JS, Wang JD, Torng PL, Chang SJ, Chen CF, et al. (2006) Homocysteine, circulating vascular cell adhesion molecule and carotid atherosclerosis in postmenopausal vegetarian women and omnivores. *Atherosclerosis* 184: 356-62.
- (64) Woo J, Kwok T, Ho SC, Sham A, Lau E (1998) Nutritional status of elderly Chinese vegetarians. *Age Ageing* 27: 455-61.

- (65) Yajnik CS, Deshpande SS, Lubree HG, Naik SS, Bhat DS, Uradey BS, et al. (2006) Vitamin B12 deficiency and hyperhomocysteinemia in rural and urban Indians. *J Assoc Physicians India* 54: 775-82.
- (66) Chen CW, Lin YL, Lin TK, Lin CT, Chen BC, Lin CL (2008) Total cardiovascular risk profile of Taiwanese vegetarians. *Eur J Clin Nutr* 62: 138-44.
- (67) Herrmann V, Obeid R. *Vitamins in the Prevention of Human Diseases*. 2011.
- (68) EFSA (2015) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Cobalamin (Vitamin B12). *EFSA Journal* 13: 4150 .

## Calcio e Vitamina D

### Biodisponibilità

#### Biodisponibilità del calcio

L'assorbimento del calcio è influenzato da diversi fattori favorenti e inibenti presenti negli alimenti e nella dieta (tabella 1).

Anche se molti alimenti vegetali, soprattutto verdura, legumi e frutta secca, contengono buone quantità di calcio, la biodisponibilità di questo minerale è inversamente proporzionale al contenuto di ossalati e fitati nell'alimento [1]: queste sostanze formano sali insolubili con il calcio riducendone l'assorbimento [2]. Pertanto, gli alimenti vegetali a basso contenuto di ossalati, in particolare tutte le verdure a foglia (eccetto gli spinaci, la bietta e le foglie di rapa), rappresentano una buona fonte di calcio. La fibra alimentare non sembra influenzare negativamente l'assorbimento di calcio: in diverse varietà di cavoli questo è risultato maggiore rispetto al calcio assorbito dal latte vaccino [3]. Per la biodisponibilità da varie fonti si veda la tabella 2.

I sali di calcio usati per fortificare gli alimenti hanno una biodisponibilità paragonabile a quella del calcio presente nel latte vaccino [3]; tuttavia, il fosfato tricalcico, utilizzato per la fortificazione del latte di soia, presenta una biodisponibilità di circa il 75% rispetto a quello contenuto nel latte vaccino [4]. Tra i sali di calcio quello più biodisponibile è risultato il citromalato [1]. Nel caso del tofu, è stata dimostrata una biodisponibilità del cloruro di calcio e del solfato di calcio paragonabile a quella del calcio nel latte vaccino [5]. Anche il calcio delle acque minerali, soprattutto in forma di bicarbonato e solfato, ha una biodisponibilità paragonabile o superiore a quella del calcio del latte vaccino [6]. In generale, la biodisponibilità del calcio presente in qualunque forma nell'acqua è maggiore quando il consumo è concomitante ad altri alimenti.

Alcuni fattori alimentari sembrano in grado di aumentare l'escrezione urinaria di calcio tramite la riduzione del suo riassorbimento renale. La teoria secondo cui un'elevata introduzione di proteine (soprattutto quelle ricche di aminoacidi solforati contenuti principalmente nelle carni, nei cereali, nella frutta secca e nei derivati del latte), incrementerebbe l'escrezione di calcio [1], per un effetto di acidificazione (c.d. *teoria dell'acidificazione*), è stata recentemente criticata [LARN IV revisione (2014)].

Un'elevata introduzione di sodio favorisce le perdite urinarie di calcio, in quanto questo minerale condivide con il calcio lo stesso sistema di riassorbimento tubulare: ogni 2300 mg di sodio escreto i reni espellono 40-60 mg di calcio (per ogni g di sodio si espellono 26,3 mg di calcio) [1]. Se questa aumentata perdita urinaria di calcio si traduca in un effetto negativo sulla salute dell'osso non è tuttora chiaro.

AUMENTO	RIDUZIONE
Adeguate quantità di vitamina D	Ossalati (principale inibente dell'assorbimento di calcio)
	Fitati (principale forma di deposito di fosforo nei vegetali)

**Tab. 4. Fattori dietetici che influenzano la biodisponibilità del calcio.**

	calcio mg/100 g	porzione g	mg di calcio per porzione	% calcio assorbito	mg di calcio assorbito per porzione
<b>Verdure e patate</b>					
cavolfiore	44 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	88	68.6 <sup>3</sup>	60.4
crescione	170 <sup>a</sup>	80 <sup>c</sup>	136	67.0 <sup>3</sup>	91.1
cavolo verza	60 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	120	64.9 <sup>3</sup>	77.9
cavoli di Brussel	51 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	102	63.8 <sup>3</sup>	65.1
broccoli	72 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	144	61.3 <sup>1</sup>	88.3
cavoli cinesi (bok choy)	105 <sup>b</sup>	200 <sup>c</sup>	210	53.8 <sup>1</sup>	113.0
rape	40 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	80	51.6 <sup>3</sup>	41.3
cavolo nero	150 <sup>b</sup>	200 <sup>c</sup>	300	49.3 <sup>1</sup>	147.9
patate dolci	24 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	48.0	22.2 <sup>1</sup>	10.6
rabarbaro	86 <sup>b</sup>	200 <sup>c</sup>	172	8.5 <sup>1</sup>	14.6
spinaci	78 <sup>a</sup>	200 <sup>c</sup>	156	5.1 <sup>1</sup>	8.0
<b>Latte e derivati</b>					
latte	120 <sup>a</sup>	125 <sup>c</sup>	150	32.1 <sup>1</sup>	48.2
formaggio tipo cheddar	810 <sup>a</sup>	50 <sup>c</sup>	405	32.1 <sup>1</sup>	130.0
yogurt	125 <sup>a</sup>	125 <sup>c</sup>	156.2	32.1 <sup>1</sup>	50.2
<b>Legumi e prodotti a base di legumi</b>					
tofu con calcio	105 <sup>a</sup>	100 <sup>c</sup>	105	31.0 <sup>1</sup>	32.6
fagioli (freschi)	44 <sup>a</sup>	150 <sup>c</sup>	66	21.8-26.7 <sup>1</sup>	14.4-17.6
latte di soia con fosfato di calcio	82 <sup>b</sup>	125 <sup>c</sup>	102.5	23.7 <sup>2</sup>	24.3
<b>Acqua</b>					
acqua con calcio solfato (467 mg/L)	46.7 <sup>4</sup>	200	93.4	23.6-36.1 <sup>4</sup>	22.0-33.7
acqua con calcio bicarbonato (322-440 mg/L)	32.2-44 <sup>4</sup>	200	64.4-88	37-47.5 <sup>4</sup>	23.8-41.8
<b>Semi e frutta secca</b>					
semi di sesamo	975 <sup>b</sup>	30	292	20.8 <sup>3</sup>	60.8
mandorle	236 <sup>a</sup>	30 <sup>c</sup>	70.8	21.2 <sup>3</sup>	15.0

**Tab. 5. Percentuale di calcio assorbito da vari alimenti**

<sup>1</sup>Weaver CM, Proulx WR, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. Am J Clin Nutr. 1999;70(3 Suppl):543S-8S.

<sup>2</sup>Heaney RP, Dowell MS, Rafferty K, Bierman J. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. Am J Clin Nutr. 2000;71(5):1166-9.

<sup>3</sup>Weaver CM, Plawewski KL. Dietary calcium: adequacy of a vegetarian diet. Am J Clin Nutr. 1994;59(5 Suppl): 1238S-41S.

<sup>4</sup>Heaney RP. Absorbability and utility of calcium in mineral waters. Am J Clin Nutr. 2006;84(2):371-4.

<sup>a</sup>IEO banca data, <http://www.ieo.it/bda2008/homepage.aspx> (consultato il 15.03.14)

<sup>b</sup>USDA data base, <http://ndb.nal.usda.gov/> (consultato il 15.03.14)

<sup>c</sup>IV Revisione SINU 2014

### **Biodisponibilità della vitamina D**

La vitamina contenuta negli alimenti rappresenta una percentuale ridotta di quanto viene reso disponibile alle cellule. La gran parte della vitamina D è di origine endogena, sintetizzata nella cute per esposizione alla luce solare.

I grassi della dieta sono i principali determinanti della biodisponibilità della vitamina D. La presenza di fibra alimentare e di fitati contenuti negli alimenti vegetali influenza negativamente i livelli circolanti di 25-OH D3 poiché ne aumenta l'escrezione per interferenza con il ricircolo enteroepatico di 25-OH D3 [7]. Questo meccanismo, insieme alla minore introduzione alimentare e soprattutto alle sfavorevoli condizioni di latitudine, potrebbe contribuire a spiegare i più bassi livelli di 25-OH D osservati nel corso della stagione invernale in un piccolo gruppo di VEG finlandesi [8].

E' stato suggerito che la vitamina D2 contenuta nei prodotti vegetali venga utilizzata dall'organismo meno efficacemente rispetto alla D3, ma due recenti studi hanno dimostrato che la D2 e la D3 sono egualmente efficaci nell'aumentare i livelli di 25-OH D (somma del 25-OH D2 e 25-OH D3) e nel sostenere i livelli di 1,25-OH<sub>2</sub>D (somma del 1,25-OH<sub>2</sub> D2 e 1,25-OH<sub>2</sub> D3) e che, inoltre, sia in soggetti giovani sia in soggetti anziani (18-84 anni), la 25-OH D2 è convertita dai reni, così come la 25-OH D3, nella sua forma metabolicamente attiva (1,25-OH<sub>2</sub> D2) [9;10].

### **Valutazione dello stato di nutrizione**

Sono stati identificati 39 studi che hanno analizzato lo stato nutrizionale del calcio e della vitamina D nei vegetariani: per il calcio sono stati utilizzati diversi metodi mentre il dosaggio della vitamina D e del paratormone (PTH) è stato effettuato solo in pochi casi. I parametri presi in esame nei differenti studi sono i seguenti:

- Assunzioni alimentari di calcio;
- Assunzioni alimentari di vitamina D; alcuni studi hanno valutato la variabile esposizione al sole e pigmentazione cutanea;
- Livelli di calcemia (di nessun significato clinico, dal momento che la calcemia è soggetta ad un rigido controllo omeostatico);
- Livelli ematici di vitamina D [espressi come 25(OH) e raramente 1,25(OH)];
- Livelli ematici di paratormone (PTH);
- Densità e contenuto minerale osseo [espressi come Bone Mineral Density (BMD) e come Bone Mineral Content (BMC)]. Entrambi questi parametri non rappresentano per sé un indicatore specifico del metabolismo del calcio, dal momento che molte altre variabili sono coinvolte nella salute dell'osso.

In relazione alla composizione ossea, alcuni studi trasversali hanno valutato la presenza di possibili relazioni anche con i parametri di turnover osseo e con lo stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub>. Mentre quest'ultimo parametro si configura come possibile variabile indipendente in grado di influenzare la BMD [11-14], i marcatori di

turnover osseo, studiati da Fontana [15] in un campione di crudisti, non sono risultati aumentati nonostante la ridotta massa ossea rilevata in questi soggetti.

## **Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita**

### **Gravidanza e Allattamento**

Un unico studio condotto su donne macrobiotiche americane in allattamento [16] riporta assunzioni di calcio e livelli ematici di 25-OH-vit D significativamente inferiori a quelle dei controlli OMN; la differenza nei livelli di 25-OH-vit D era tuttavia riscontrabile solo durante inverno e primavera, confermando l'importanza della sintesi endogena. I livelli ematici di PTH erano sovrapponibili nei due gruppi, mentre quelli di 1,25-OH-vit D risultavano significativamente più elevati nelle macrobiotiche, facendo ipotizzare lo sviluppo di un adattamento ormonale, in grado di incrementare l'efficienza assorbitiva e il riassorbimento renale. Il contenuto di vitamina D del latte materno appare invece basso anche in presenza di elevate assunzioni materne [17].

### **Bambini (6 mesi-3 anni)**

Gli unici studi sullo stato nutrizionale della vitamina D e del calcio in questa fase del ciclo vitale sono stati condotti da ricercatori olandesi su una stessa coorte di bambini macrobiotici seguiti dalla nascita [18;19]. Rispetto al gruppo di controllo OMN (integrato con vitamina D), le assunzioni di calcio sono risultate significativamente ridotte, e lo stato nutrizionale della vitamina D compromesso, con livelli ematici significativamente ridotti. I macrobiotici presentavano una prevalenza di segni subclinici e clinici di rachitismo rispettivamente del 17% e 28% a fine estate, per un totale del 45% dei soggetti (vs 0% dei controlli) mentre nella primavera successiva si arrivava al 90% in assenza d'integrazione (rispettivamente 35% e 55%, vs la prevalenza estiva) [18;19].

### **Bambini e Adolescenti (4-18 anni)**

Anche in questa fascia d'età la letteratura propone studi condotti su soggetti macrobiotici, che verranno tenuti distinti da quelli condotti su soggetti vegetariani non-macrobiotici.

Macrobiotici. I dati disponibili derivano da un'unica, ampia coorte di macrobiotici olandesi valutati in diversi momenti della vita a partire dal 1985, in studi trasversali e longitudinali [20]. L'assunzione con la dieta di calcio risulta inferiore rispetto a quella degli OMN di controllo [12;20], ma la mineralizzazione dell'osso (BMC e BMD), significativamente inferiore [20], non è risultata correlata con le assunzioni di calcio. Altri autori descrivono una lieve alterazione di questo parametro, associata con lo stato nutrizionale della vitamina B<sub>12</sub>, e non con quello della vitamina D: in questo studio, infatti, i livelli ematici di 1,25-OH vit D non sono risultati differenti tra macrobiotici e controlli [12].

Vegetariani non-macrobiotici. Fra i vari studi sui bambini e adolescenti vegetariani non-macrobiotici [21-26], solo lo studio di Leung [24] riporta un normale stato dell'osso e una normale assunzione di calcio nel campione studiato, mentre gli altri

ricercatori riportano ridotte assunzioni di calcio (eccetto [25]) e in taluni casi anche nei controlli [26]. Inoltre sono emerse ridotte assunzioni e livelli di vitamina D nei soggetti analizzati, talora presenti anche nei soggetti di controllo [25].

## **Adulti**

Nel mondo sono stati condotti vari studi sullo stato nutrizionale del calcio e della vitamina D negli adulti vegetariani, che verranno di seguito esposti, tenendo distinti i risultati degli studi condotti su soggetti che seguivano diete più restrittive.

Macrobiotici e crudisti<sup>2</sup>: sono stati identificati solo 2 studi condotti su adulti macrobiotici ([16;27], già discusso nella sezione allattamento): Leblanc *et al* [27] analizza esclusivamente le assunzioni di calcio in un gruppo di 17 adulti macrobiotici, che risultano ridotte nelle femmine rispetto a VEG e LOV. In un unico studio [15] invece un gruppo di crudisti, pur presentando una riduzione di BMD e BMC, aveva livelli di vitamina D più elevati rispetto al gruppo di controllo, in assenza di una compromissione dei marcatori ematici di turnover osseo.

Vegani: tutti gli studi presi in considerazione evidenziano nei VEG introduzioni alimentari di calcio ridotte rispetto ai controlli [8;28-37]. Nello studio di Appleby *et al* il rischio di frattura è correlato non con il pattern alimentare ma con l'assunzione di insufficienti quantità di calcio (<525 mg/die, [28]), mentre Ho-Pham *et al* [31;32] non trova questa relazione. In generale, i valori dello stato dell'osso e della prevalenza di osteoporosi sono risultati non significativamente differenti da quelli dei controlli: nel gruppo di VEG studiati da Outila *et al* [38] solo la BMD in regione lombare risulta inferiore, con debole significatività, rispetto ai controlli OMN. In un altro studio [31], la prevalenza di osteoporosi di 105 suore VEG è risultata simile alle donne di controllo OMN (rispettivamente 18.1% vs 15.2%). Un follow up di 2 anni ha confermato l'assenza di differenza significativa sia nella perdita di massa ossea sia nell'incidenza di frattura tra i due gruppi [32].

Vegetariani. Nei differenti studi su vegetariani, LOV, LV, LOV+VEG sono considerati nello stesso gruppo. Le assunzioni di calcio sono per lo più normali nella maggioranza dei casi [8;26-28;30;33;38-41], e in alcuni studi anche superiori a quelle degli OMN [42;43]. Un solo studio riporta assunzioni ridotte e indipendenti dalla durata della dieta vegetariana [29]. Alcuni autori non hanno rilevato differenze significative del rischio di frattura dopo 5.2 anni di follow up [28] e, in generale, nello stato di salute dell'osso valutato come BMD tra vegetariani e OMN [14;38;40;41]. Infine, in uno studio condotto su donne asiatiche vegetariane da molti anni, la riduzione della BMD risulta correlata al ridotto apporto proteico ma non all'insufficiente assunzione di calcio [29]. Uno studio prospettico canadese della durata di un anno, condotto su donne vegetariane in pre-menopausa, riporta una stabilità nel tempo della BMD, che risulta invece incrementata nelle OMN, verosimilmente a causa della maggior percentuale di grasso corporeo. In questo studio, infine, la BMD al reclutamento è risultata significativamente correlata non solo con la quantità totale di grasso corporeo, ma anche con le assunzioni di vitamina B<sub>12</sub> [11]. Anche Herrmann *et al* [13], in contrasto

---

<sup>2</sup> Riteniamo importante in questa revisione riportare i risultati dei pochi studi condotti su questi soggetti che, come per i bambini, vanno tenuti distinti dai risultati degli altri studi che verranno esposti nelle successive sezioni.

con quanto evidenziato da Fontana *et al* [15] nel suo campione di crudisti, riporta come il turnover osseo risulti aumentato nei vegetariani (LOV+VEG), indipendentemente dallo stato della vitamina D ma in relazione a uno stato nutrizionale compromesso della vitamina B<sub>12</sub>. Infine in un campione di donne in postmenopausa e con osteoporosi l'alimentazione vegetariana è risultata essere un fattore di rischio di osteoporosi che perde significatività dopo aggiustamento per peso e altezza [44].

In conclusione, nei vegetariani adulti lo stato dell'osso è risultato correlato con: a) vegetarianismo di lunga durata e basse assunzioni di proteine [29]; b) insufficiente assunzione alimentare di vitamina B<sub>12</sub> e alterato stato nutrizionale di questa vitamina [11;13;14].

Per quanto riguarda lo stato nutrizionale della vitamina D in vegetariani, LOV e VEG adulti [8;13;14;30;32;34;36-38;40;43;45], i risultati dei vari studi non sono sempre congruenti, probabilmente a causa delle variabili non-dietetiche che possono intervenire. A questo proposito, lo studio di Chan *et al* [45], che ha analizzato 428 individui suddivisi per pattern dietetico (150 vegetariani, 66 semivegetariani, 212 non-vegetariani) ed etnia (bianchi e neri), rileva come lo stato nutrizionale della vitamina D sia dipendente prevalentemente dall'etnia e dall'uso di integratori. Uno stato nutrizionale compromesso è stato riportato soprattutto nella stagione invernale, ed è stato rilevato non solo in LOV e VEG, ma anche nei controlli OMN [32;35].

### **Anziani**

Nella maggior parte degli studi, i soggetti anziani sono stati inclusi nel gruppo degli adulti (i risultati sono stati riportati nel precedente paragrafo). Sono stati identificati 2 studi condotti esclusivamente su anziani [46;47]. Nello studio di Lau *et al* [46], su 76 donne anziane buddiste, vegetariane da oltre 30 anni (36 VEG e 40 LOV), le assunzioni medie di calcio sono significativamente inferiori a quelle dei controlli, e nelle VEG significativamente inferiori a quelle delle LOV, con compromissione, nelle VEG, della BMD a livello del collo femorale ma non del rachide. L'analisi effettuata evidenzia una correlazione tra BMD e assunzioni di calcio. Reed *et al*[47] ha seguito per 5 anni un gruppo di 49 donne anziane caucasiche, registrando al termine del periodo di osservazione un calo della BMD al polso del 5%, non differente da quanto osservato nel gruppo di controllo OMN, e concludendo, contrariamente a Lau *et al* [46], che il fenomeno era indipendente dalla minore assunzione di calcio (inferiore di 150 mg/die a quella del gruppo OMN).

### **Studi di Intervento**

Alcuni autori hanno analizzato le modificazioni dello stato nutrizionale durante studi di intervento con diete a base vegetale in soggetti sani (Complete Health Improvement Project) [48]) o con diete VEG a basso contenuto di grassi (circa 10% energia totale) in pazienti diabetici [49] e in pazienti portatori di tumore prostatico [50]. Nel corso del periodo d'intervento, è stata osservata una riduzione dell'assunzione di calcio e dell'assunzione e del livello ematico di vitamina D. Uno studio a breve termine disegnato per valutare il bilancio del calcio nel passaggio a una dieta VEG e poi LOV ha tuttavia

evidenziato che questo rimane positivo a prescindere dalle assunzioni del minerale. Lo studio ha dimostrato che la minore introduzione di calcio con una dieta VEG è compensata da una minore escrezione di calcio con le feci. Come conseguenza, seguire le due diete non ha comportato differenze nel bilancio del calcio (calcio introdotto - calcio escreto con feci e urine) nell'assorbimento apparente (introduzione di calcio - escrezione fecale), sul riassorbimento di calcio dall'osso valutato con un marker urinario [51].

### **Raccomandazioni/conclusioni**

I vegetariani devono rispettare le assunzioni di riferimento per il calcio previste dai LARN IV revisione (2014). In particolare i VEG dovrebbero porre una particolare attenzione all'assunzione di prodotti alimentari che siano buone fonti di calcio (verdure a basso contenuto di ossalati e fitati, alimenti a base di soia, bevande vegetali addizionate, acque ricche di sali minerali [oltre 1500 mg/L] e alcuni tipi di frutta secca e semi oleaginosi).

L'eventuale integrazione con vitamina D deve essere considerata con attenzione in tutti i casi in cui si sospetti un'insufficiente sintesi endogena.

## Bibliografia

- (1) Weaver CM, Proulx WR, Heaney R (1999) Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 70: 543S-8S.
- (2) Weaver CM, Plawecki KL (1994) Dietary calcium: adequacy of a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 59: 1238S-41S.
- (3) Heaney RP, Weaver CM (1990) Calcium absorption from kale. *Am J Clin Nutr* 51: 656-7.
- (4) Heaney RP, Dowell MS, Rafferty K, Bierman J (2000) Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. *Am J Clin Nutr* 71: 1166-9.
- (5) Weaver CM, Martin BR, Costa NM, Saleeb FZ, Huth PJ (2002) Absorption of calcium fumarate salts is equivalent to other calcium salts when measured in the rat model. *J Agric Food Chem* 50: 4974-5.
- (6) Heaney RP (2006) Absorbability and utility of calcium in mineral waters. *Am J Clin Nutr* 84: 371-4.
- (7) Calvo MS, Whiting SJ, Barton CN (2005) Vitamin D intake: a global perspective of current status. *J Nutr* 135: 310-6.
- (8) Lamberg-Allardt C, Karkkainen M, Seppanen R, Bistrom H (1993) Low serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and secondary hyperparathyroidism in middle-aged white strict vegetarians. *Am J Clin Nutr* 58: 684-9.
- (9) Biancuzzo RM, Young A, Bibuld D, Cai MH, Winter MR, Klein EK, et al. (2010) Fortification of orange juice with vitamin D(2) or vitamin D(3) is as effective as an oral supplement in maintaining vitamin D status in adults. *Am J Clin Nutr* 91: 1621-6.
- (10) Biancuzzo RM, Clarke N, Reitz RE, Trivison TG, Holick MF (2013) Serum concentrations of 1,25-dihydroxyvitamin D2 and 1,25-dihydroxyvitamin D3 in response to vitamin D2 and vitamin D3 supplementation. *J Clin Endocrinol Metab* 98: 973-9.
- (11) Barr SI, Prior JC, Janelle KC, Lentle BC (1998) Spinal bone mineral density in premenopausal vegetarian and nonvegetarian women: cross-sectional and prospective comparisons. *J Am Diet Assoc* 98: 760-5.
- (12) Dhonukshe-Rutten RA, van Dusseldorp M, Schneede J, de Groot LC, van Staveren WA (2005) Low bone mineral density and bone mineral content are associated with low cobalamin status in adolescents. *Eur J Nutr* 44: 341-7.
- (13) Herrmann W, Obeid R, Schorr H, Hubner U, Geisel J, Sand-Hill M, et al. (2009) Enhanced bone metabolism in vegetarians--the role of vitamin B12 deficiency. *Clin Chem Lab Med* 47: 1381-7.
- (14) Krivosikova Z, Krajcovicova-Kudlackova M, Spustova V, Stefikova K, Valachovicova M, Blazicek P, et al. (2010) The association between high plasma homocysteine levels and lower bone mineral density in Slovak women: the impact of vegetarian diet. *Eur J Nutr* 49: 147-53.
- (15) Fontana L, Shew JL, Holloszy JO, Villareal DT (2005) Low bone mass in subjects on a long-term raw vegetarian diet. *Arch Intern Med* 165: 684-9.
- (16) Specker BL, Tsang RC, Ho M, Miller D (1987) Effect of vegetarian diet on serum 1,25-dihydroxyvitamin D concentrations during lactation. *Obstet Gynecol* 70: 870-4.

- (17) Specker BL (1994) Nutritional concerns of lactating women consuming vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* 59: 1182S-6S.
- (18) Dagnelie PC, Vergote FJ, van Staveren WA, van den BH, Dingjan PG, Hautvast JG (1990) High prevalence of rickets in infants on macrobiotic diets. *Am J Clin Nutr* 51: 202-8.
- (19) Dagnelie PC, van Staveren WA (1994) Macrobiotic nutrition and child health: results of a population-based, mixed-longitudinal cohort study in The Netherlands. *Am J Clin Nutr* 59: 1187S-96S.
- (20) Parsons TJ, van Dusseldorp M, van d, V, van de WK, Schaafsma G, van Staveren WA (1997) Reduced bone mass in Dutch adolescents fed a macrobiotic diet in early life. *J Bone Miner Res* 12: 1486-94.
- (21) Ambroszkiewicz J, Klemarczyk W, Gajewska J, Chelchowska M, Laskowska-Klita T (2007) Serum concentration of biochemical bone turnover markers in vegetarian children. *Adv Med Sci* 52: 279-82.
- (22) Donovan UM, Gibson RS (1996) Dietary intakes of adolescent females consuming vegetarian, semi-vegetarian, and omnivorous diets. *J Adolesc Health* 18: 292-300.
- (23) Larsson CL, Johansson GK (2002) Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr* 76: 100-6.
- (24) Leung SS, Lee RH, Sung RY, Luo HY, Kam CW, Yuen MP, et al. (2001) Growth and nutrition of Chinese vegetarian children in Hong Kong. *J Paediatr Child Health* 37: 247-53.
- (25) Thane CW, Bates CJ (2000) Dietary intakes and nutrient status of vegetarian preschool children from a British national survey. *J Hum Nutr Diet* 13: 149-62.
- (26) Yen CE, Yen CH, Huang MC, Cheng CH, Huang YC (2008) Dietary intake and nutritional status of vegetarian and omnivorous preschool children and their parents in Taiwan. *Nutr Res* 28: 430-6.
- (27) Leblanc JC, Yoon H, Kombadjian A, Verger P (2000) Nutritional intakes of vegetarian populations in France. *Eur J Clin Nutr* 54: 443-9.
- (28) Appleby P, Roddam A, Allen N, Key T (2007) Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. *Eur J Clin Nutr* 61: 1400-6.
- (29) Chiu JF, Lan SJ, Yang CY, Wang PW, Yao WJ, Su LH, et al. (1997) Long-term vegetarian diet and bone mineral density in postmenopausal Taiwanese women. *Calcif Tissue Int* 60: 245-9.
- (30) Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ (2003) EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutr* 6: 259-69.
- (31) Ho-Pham LT, Nguyen PL, Le TT, Doan TA, Tran NT, Le TA, et al. (2009) Veganism, bone mineral density, and body composition: a study in Buddhist nuns. *Osteoporos Int* 20: 2087-93.
- (32) Ho-Pham LT, Vu BQ, Lai TQ, Nguyen ND, Nguyen TV (2012) Vegetarianism, bone loss, fracture and vitamin D: a longitudinal study in Asian vegans and non-vegans. *Eur J Clin Nutr* 66: 75-82.
- (33) Janelle KC, Barr SI (1995) Nutrient intakes and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc* 95: 180-6, 189, quiz.

- (34) Lightowler HJ, Davies GJ (2000) Micronutrient intakes in a group of UK vegans and the contribution of self-selected dietary supplements. *J R Soc Promot Health* 120: 117-24.
- (35) Outila TA, Karkkainen MU, Seppanen RH, Lamberg-Allardt CJ (2000) Dietary intake of vitamin D in premenopausal, healthy vegans was insufficient to maintain concentrations of serum 25-hydroxyvitamin D and intact parathyroid hormone within normal ranges during the winter in Finland. *J Am Diet Assoc* 100: 434-41.
- (36) Strohle A, Waldmann A, Koschizke J, Leitzmann C, Hahn A (2011) Diet-dependent net endogenous acid load of vegan diets in relation to food groups and bone health-related nutrients: results from the German Vegan Study. *Ann Nutr Metab* 59: 117-26.
- (37) Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A (2003) Dietary intakes and lifestyle factors of a vegan population in Germany: results from the German Vegan Study. *Eur J Clin Nutr* 57: 947-55.
- (38) Outila TA, Lamberg-Allardt CJ (2000) Ergocalciferol supplementation may positively affect lumbar spine bone mineral density of vegans. *J Am Diet Assoc* 100: 629.
- (39) Cade JE, Burley VJ, Greenwood DC (2004) The UK Women's Cohort Study: comparison of vegetarians, fish-eaters and meat-eaters. *Public Health Nutr* 7: 871-8.
- (40) Lloyd T, Schaeffer JM, Walker MA, Demers LM (1991) Urinary hormonal concentrations and spinal bone densities of premenopausal vegetarian and nonvegetarian women. *Am J Clin Nutr* 54: 1005-10.
- (41) Tesar R, Notelovitz M, Shim E, Kauwell G, Brown J (1992) Axial and peripheral bone density and nutrient intakes of postmenopausal vegetarian and omnivorous women. *Am J Clin Nutr* 56: 699-704.
- (42) Deriemaeker P, Alewaeters K, Hebbelinc M, Lefevre J, Philippaerts R, Clarys P (2010) Nutritional status of Flemish vegetarians compared with non-vegetarians: a matched samples study. *Nutrients* 2: 770-80.
- (43) Nakamoto K, Watanabe S, Kudo H, Tanaka A (2008) Nutritional characteristics of middle-aged Japanese vegetarians. *J Atheroscler Thromb* 15: 122-9.
- (44) Keramat A, Patwardhan B, Larijani B, Chopra A, Mithal A, Chakravarty D, et al. (2008) The assessment of osteoporosis risk factors in Iranian women compared with Indian women. *BMC Musculoskelet Disord* 9: 28.
- (45) Chan J, Jaceldo-Siegl K, Fraser GE (2009) Serum 25-hydroxyvitamin D status of vegetarians, partial vegetarians, and nonvegetarians: the Adventist Health Study-2. *Am J Clin Nutr* 89: 1686S-92S.
- (46) Lau EM, Kwok T, Woo J, Ho SC (1998) Bone mineral density in Chinese elderly female vegetarians, vegans, lacto-vegetarians and omnivores. *Eur J Clin Nutr* 52: 60-4.
- (47) Reed JA, Anderson JJ, Tylavsky FA, Gallagher PN, Jr. (1994) Comparative changes in radial-bone density of elderly female lacto-ovo vegetarians and omnivores. *Am J Clin Nutr* 59: 1197S-202S.
- (48) Merrill RM, Aldana SG (2009) Consequences of a plant-based diet with low dairy consumption on intake of bone-relevant nutrients. *J Womens Health (Larchmt)* 18: 691-8.

- (49) Turner-McGrievy GM, Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, Gloede L, Green AA (2008) Changes in nutrient intake and dietary quality among participants with type 2 diabetes following a low-fat vegan diet or a conventional diabetes diet for 22 weeks. *J Am Diet Assoc* 108: 1636-45.
- (50) Dunn-Emke SR, Weidner G, Pettengill EB, Marlin RO, Chi C, Ornish DM (2005) Nutrient adequacy of a very low-fat vegan diet. *J Am Diet Assoc* 105: 1442-6.
- (51) Kohlenberg-Mueller K, Raschka L (2003) Calcium balance in young adults on a vegan and lactovegetarian diet. *J Bone Miner Metab* 21: 28-33.

## Ferro

### Biodisponibilità

Le diete LOV e VEG, di composizione assai diversa rispetto alle diete OMN, rappresentano una situazione in cui si possono manifestare notevoli variazioni nella biodisponibilità del ferro.

#### Biodisponibilità del ferro nelle diete vegetariane

Nella dieta italiana OMN il contributo maggiore all'assunzione di ferro è dato dal gruppo dei cereali e derivati (31,3%) seguito a distanza da carne e derivati (16,9%) e dalle verdure (13,5%) [1]. È interessante notare che nel modello OMN italiano più della metà (58,3%) del ferro è assunto da prodotti di origine vegetale. Tale dato si ricava aggiungendo a cereali e verdure il contributo di frutta (7,3%), legumi (3,2%), patate e altri tuberi (3,0%).

Anche se le diete LOV e VEG hanno spesso un contenuto di ferro simile o leggermente superiore a quello della dieta OMN [2;3], la biodisponibilità di questo metallo in una dieta LOV e VEG è più bassa rispetto a quella riscontrata in diete OMN. In condizioni fisiologiche normali, l'assorbimento del ferro in una dieta OMN è circa il 14-18% mentre in una dieta LOV e VEG è il 5-12% del totale ingerito [4].

Poiché il mantenimento dell'omeostasi del ferro nell'organismo umano avviene principalmente attraverso la regolazione del suo assorbimento intestinale, i fattori della dieta in grado di facilitarne o inibirne l'assorbimento hanno una grande rilevanza per mantenere un buono stato nutrizionale [5].

La minore biodisponibilità del ferro nelle diete LOV e VEG rispetto alle OMN è dovuta principalmente a differenze nella forma chimica del ferro e alla presenza di fattori che possono inibirne l'assorbimento intestinale.

In una dieta LOV e VEG il 100% del ferro ingerito è ferro non-eme, mentre in una dieta OMN questo è circa l'85-90% [4]; il rimanente 10-15% è ferro eme, presente soltanto in carni e pesci. Il ferro eme è assorbito in misura del 15-35% ed è inoltre poco sensibile a quei fattori che influenzano invece fortemente l'assorbimento del ferro non-eme [6].

Il ferro contenuto in latte e derivati, uova e tutti i prodotti di origine vegetale è ferro non-eme (ferro inorganico in forma ridotta,  $Fe^{2+}$  oppure ossidata,  $Fe^{3+}$ ), chelato con piccole molecole organiche oppure legato a proteine quali la lattoferrina (presente nel latte) e la ferritina, molecola di riserva del ferro, presente anche in alimenti di origine vegetale, principalmente nei legumi [7]. Va messo in evidenza che anche carne e pesce contengono una grande quantità di ferro non-eme, circa il 60% del totale [8]; l'assorbimento intestinale del ferro non-eme può variare moltissimo, dallo 0,7 al 34%, [9;10] poiché è fortemente influenzato da molti fattori facilitanti o inibenti presenti

nella dieta che modificano sia la solubilità che lo stato di ossidazione di questo metallo. La forma ossidata del ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ), infatti, non può essere assorbita dall'enterocita e deve essere ridotta a  $\text{Fe}^{2+}$  da una reduttasi di membrana o da molecole presenti nella dieta, come per esempio l'acido ascorbico, per essere poi trasportato da un recettore intestinale dedicato ai cationi divalenti [11]. L'acido ascorbico intracellulare degli enterociti può inoltre servire come fonte di elettroni per la ferrireduttasi di membrana apicale che riduce il  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  rendendolo così disponibile per l'assorbimento [12].

Una forma particolare di ferro non-eme è quella legata alla ferritina. Diversi studi [7;10;13] hanno dimostrato che la biodisponibilità del ferro dalla ferritina della soia è molto alta (22-34%) ed è simile a quella del ferro eme (15-35%). La ferritina della soia può quindi rappresentare una forma di ferro di origine vegetale facilmente utilizzabile e biodisponibile e perciò utile per i soggetti che presentano uno stato critico del ferro.

I principali fattori facilitanti o inibenti l'assorbimento del ferro non-eme sono descritti in tabella 1. Il principale fattore facilitante è l'acido ascorbico, che ha sia la capacità di ridurre il ferro sia di chelarlo formando un complesso meglio assorbibile; questa azione può essere ottimizzata includendo alimenti ricchi di acido ascorbico nei singoli pasti [4]. Altri fattori facilitanti sono gli acidi organici della frutta e della verdura (citrico, malico, lattico, tartarico, ecc.), i caroteni e il retinolo [6;9;14].

I principali composti che inibiscono l'assorbimento del ferro sono i fitati (acido fitico e suoi derivati) presenti in cereali integrali, noci, semi, legumi e i polifenoli presenti in tè, caffè, cacao, vino rosso e in molti cereali, verdure e spezie [2]. Anche lo zinco e il calcio, soprattutto se assunti come integratori, sono in grado di diminuire l'assorbimento del ferro [11].

**Tab. 6. Principali fattori che influenzano la biodisponibilità del ferro-non eme**

Fattori facilitanti

- Acido ascorbico
- Acidi organici presenti in frutta e verdura
- Caroteni e retinolo

Fattori inibenti

- Acido fitico (6- e 5-fosfoinositolo)
- Polifenoli (principalmente acido tannico e acido clorogenico)
- Calcio (soprattutto come integratore)
- Zinco (soprattutto come integratore)

Altri fattori facilitanti

- Basse riserve di ferro dell'organismo
- Basso contenuto di ferro nei pasti
- Ferro in forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ )

**Tab.7. Procedure di combinazione e preparazione degli alimenti per aumentare la biodisponibilità del ferro*****Riduzione del  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$*** 

Consumo di alimenti contenenti acido ascorbico (frutta o succo di limone, arancia, altri agrumi, fragole, kiwi) nel pasto contenente alimenti ricchi di ferro [15].

***Degradazione dell'acido fitico (inositolo esafosfato, IP6)***

La macinazione dei chicchi, l'ammollo prima della cottura di legumi e cereali, come pure la germinazione dei semi, attivano le fitasi endogene di questi alimenti; altrettanto fa la lievitazione dell'impasto (pasta acida o lieviti selezionati) nella preparazione del pane e altri prodotti da forno. L'azione idrolitica di questi enzimi porta alla perdita progressiva di residui fosforici dell'IP6, producendo mio-inositoli fosfati con un numero minore di residui fosforici (da IP5 a IP1) [16]. Questa degradazione progressiva dell'acido fitico e dei suoi derivati diminuisce il loro potere chelante (massimo per IP6 e IP5) nei riguardi del ferro (e anche dello zinco), aumentandone la biodisponibilità [2].

**Fattori fisiologici che influenzano la biodisponibilità del ferro**

Lo stato del ferro dell'individuo e, in particolare, basse riserve di ferro (segnalate da una bassa concentrazione di ferritina circolante) aumentano grandemente l'assorbimento di questo metallo [6]. Questa capacità di regolazione è attiva soltanto nei confronti del ferro non-eme. Questo sistema omeostatico di regolazione dell'assorbimento del ferro non-eme mette al riparo l'organismo da un eccessivo accumulo di ferro, che può avere effetti dannosi per l'organismo [17].

Inoltre, anche l'assorbimento del ferro non-eme in una dieta con bassa biodisponibilità può aumentare nel lungo termine [15]. Questo risultato potrebbe suggerire che in diete LOV e VEG la biodisponibilità potrebbe essere maggiore di quella stimata e aiutare inoltre a capire perché, come riportato in Craig [2], la prevalenza di anemia ferropriva è simile in LOV, VEG e OMN.

In alcune delle raccomandazioni per i LOV e VEG riportate da Amit *et al*[18] e Lonnerdal *et al* [7] viene comunque consigliato di aumentare l'assunzione di ferro di circa l'80% rispetto all'assunzione raccomandata per la popolazione generale a partire da una biodisponibilità calcolata del 18% della dieta OMN, a fronte del 10% di una dieta LOV e VEG. Raggiungere tali valori potrebbe non essere sempre possibile e risultare piuttosto complicato soprattutto per donne in età fertile che assumano diete a contenuto energetico ridotto. In queste situazioni e a tale scopo si possono utilizzare diverse strategie: aumento del consumo di frutta e verdure ricche di acido ascorbico, procedure di preparazione degli alimenti che aumentino la biodisponibilità del ferro in essi contenuto fino all'integrazione e all'uso di alimenti fortificati (cereali per la prima colazione). Tuttavia tali strategie non vanno utilizzate in modo indiscriminato, ma riservate a situazioni ben definite e subordinate alla valutazione dello stato del ferro

(sideremia, ferritina, transferrina ed emoglobina ematiche) per verificare la reale necessità di mettere in atto strategie mirate.

## **Valutazione dello stato di nutrizione**

L'organismo umano risponde ai diversi livelli di assunzione del ferro regolando l'espressione e l'attività di proteine deputate al suo assorbimento, trasporto e utilizzazione [5;11] in modo da mantenere fin dove possibile l'omeostasi di questo minerale.

Per valutare lo stato di nutrizione del ferro si utilizzano comunemente una serie di parametri ematici, descritti dettagliatamente nei LARN IV revisione (2014), che in sintesi sono:

concentrazione di emoglobina nel sangue (indicatore dell'anemia), saturazione della transferrina plasmatica o sierica (indica la quantità di ferro circolante), recettore solubile della transferrina del plasma o del siero (indicatore dell'eritropoiesi) e concentrazioni di ferritina plasmatica o sierica (indicatore delle riserve corporee di ferro). Poiché la ferritina è anche una proteina di fase acuta è consigliabile misurare congiuntamente un marcatore dello stato infiammatorio quale la proteina C reattiva. L'analisi della combinazione di questi parametri ematici permette di accertare l'entità della carenza di ferro in un individuo a partire dalla deplezione delle riserve di ferro e fino alla comparsa dell'anemia.

## **Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita**

### **Bambini (6 mesi-3 anni)**

Il latte di donne LOV e VEG è simile in composizione a quello delle non vegetariane [19] e quando l'apporto di minerali e vitamine della dieta LOV e VEG materna risulta adeguato [20] i lattanti non corrono il rischio di carenza. Durante lo svezzamento LOV e VEG, è importante che a ogni pasto sia assicurata una fonte di ferro e una di acido ascorbico, che ne faciliti l'assorbimento [20] e che lo stato di salute e l'accrescimento dei bambini siano costantemente monitorati [20]. I valori di assunzione raccomandati per la popolazione (PRI) per il ferro (LARN, 2014) sono di 11 mg/die per i lattanti di 6-12 mesi e di 8 mg/die per i bambini di 1-3 anni. Anche nell'alimentazione OMN si sta ridimensionando il ruolo della carne rossa durante lo svezzamento a favore di alimenti di origine vegetale [13], ricchi di ferro sotto forma di ferritina vegetale, caratterizzata da livelli di assorbimento simili a quelli del ferro eme [21]. Un apporto adeguato di alimenti vegetali con ridotto contenuto di fibra durante lo svezzamento, oltre a rappresentare un primo passo verso l'abitudine a una dieta salutare, è in grado di soddisfare le esigenze nutrizionali relative all'assunzione di ferro [7;10;21]. Durante lo svezzamento LOV e VEG i bambini non mostrano una più alta prevalenza di anemia da deficienza di ferro rispetto agli OMN e il loro livello di ferritina sierica è di solito nella norma [13]. Lattanti, bambini e adolescenti che non consumano carne rossa crescono normalmente e la loro statura è simile a quella di soggetti OMN [13].

### **Bambini (4-10 anni)**

Bambini LOV e VEG di entrambi i sessi, nonostante livelli di assunzione del ferro più bassi rispetto ai controlli OMN, presentano valori dei marcatori sierici dello stato del ferro simili [6] e nell'intervallo fisiologico [22], confermando che la dieta LOV o VEG è idonea a mantenere normale lo stato nutrizionale del ferro. Bambini VEG in età prescolare e scolare mostrano assunzioni adeguate di ferro e non vi è evidenza di casi di anemia documentati [23;24]. Tuttavia, secondo l'Institute of Medicine [25] bambini VEG e LOV richiederebbero un'assunzione di ferro 1,8 volte superiore rispetto a quella dei bambini OMN, per far fronte alle loro esigenze nutrizionali. Bambini che seguono una dieta macrobiotica presentano invece una compromissione dello stato del ferro rispetto ai bambini che seguono una dieta LOV o VEG [6].

### **Adolescenti (11-18 anni)**

La crescita di adolescenti LOV e VEG risulta simile a quella di adolescenti non vegetariani [19]. In adolescenti slovacchi LOV, VEG e OMN di età compresa tra 11 e 14 anni i marcatori sierici dello stato del ferro erano nell'intervallo fisiologico ma con valori significativamente più bassi in LOV e VEG [26]. Proprio per far fronte al rischio di carenza di ferro in un periodo di rapida crescita, Donovan e Gibson [27] consigliano l'integrazione di ferro in adolescenti LOV e VEG. Il confronto tra adolescenti svedesi di entrambi i sessi VEG da almeno 6 mesi con adolescenti OMN da sempre [28] ha mostrato che nei maschi l'assunzione di ferro con la dieta è simile tra VEG e OMN. Le femmine VEG mostrano invece un'assunzione di ferro più alta rispetto alle OMN e, in ogni caso, mediamente superiore ai valori raccomandati. L'assunzione media di ferro è comunque entro i valori raccomandati per entrambi i gruppi (VEG e OMN sia maschi che femmine). Riguardo ai marcatori sierici, lo studio ha evidenziato solo nelle femmine, indipendentemente dal tipo di dieta VEG o OMN, uno stato nutrizionale del ferro più basso rispetto ai valori normali, mentre tutti i soggetti maschi presentavano valori normali: ciò sembra legato alla perdita di ferro con il sangue mestruale piuttosto che attribuibile alla dieta vegetariana.

### **Adulti**

Negli adulti, anche dopo molti anni di dieta LOV e VEG, i marcatori sierici dello stato nutrizionale del ferro non sono significativamente differenti da quelli degli OMN [6]. In maschi LOV, VEG e OMN di controllo [29] l'assunzione giornaliera media di ferro è risultata significativamente più alta nei LOV e VEG rispetto agli OMN e comunque in tutti superiore ai valori raccomandati. Tuttavia i valori sierici di emoglobina e ferritina sono significativamente più bassi nei LOV e VEG rispetto agli OMN [30-33].

Per le donne LOV e VEG da molti anni, l'assunzione media di ferro è simile a quella di donne OMN [34] e il loro stato del ferro risulta adeguato [30;34;35]. In altri lavori invece [31;36], è riportato che solo dopo un anno di dieta VEG, circa il 40% di donne in premenopausa può incorrere nel rischio di anemia ferropriva. Dallo studio di Haddad *et al* [31] risulta però che il rischio di anemia ferropriva delle donne VEG non differisce

significativamente da quello delle OMN di controllo, a significare che il rischio di deficienza di ferro può essere presente nella popolazione femminile indipendentemente dal tipo di dieta. In uno studio di breve durata (otto settimane), Hunt e Roughead [37] hanno evidenziato un minore assorbimento di ferro non-eme durante una dieta LOV e VEG rispetto a quello derivante da dieta OMN. Anche nello studio epidemiologico di Harvey *et al.* [38] e in quello di Yi-Chia *et al.* [33] su giovani femmine adulte LOV e VEG da oltre 2 anni, nonostante l'assunzione di ferro fosse più alta nelle LOV e VEG rispetto alle OMN, è stata osservata anemia da carenza di ferro nel 10% delle giovani donne in studio (principalmente ma non solo LOV e VEG), a suggerire ancora una volta che l'anemia ferropriva possa essere dovuta alla perdita di ferro mestruale piuttosto che all'assunzione di ferro con la dieta LOV e VEG.

Per le donne in postmenopausa [39], elevati depositi di ferro rappresentano un fattore di rischio cardiovascolare, per cui, in questo gruppo specifico, gli autori sostengono che la dieta LOV e VEG può risultare preventiva e protettiva.

L'impatto delle diete LOV e VEG su alcuni parametri ematologici in relazione allo stato del ferro e della vitamina B<sub>12</sub> [40] è stato affrontato in uno studio epidemiologico su adulti di entrambi i sessi VEG, LV, LOV e semi-LOV (con consumo di carne una volta a settimana). I soggetti che adottano una dieta LOV o VEG sono più esposti al rischio di deficienza di ferro e vitamina B<sub>12</sub>. Coloro che presentano una carenza simultanea di ferro e vitamina B<sub>12</sub> possono mostrare un profilo ematologico che maschera gli effetti dell'una o dell'altra carenza. In particolare la macrocitosi indotta da deficienza di vitamina B<sub>12</sub> può essere mascherata quando vi sia carenza di ferro.

### **Anziani**

Diversi studi epidemiologici hanno affrontato il problema dell'adeguatezza delle diete LOV e VEG negli anziani. Uno studio [30] ha confrontato lo stato nutrizionale, fisico e di salute di anziani di entrambi i sessi, LOV, VEG e OMN, residenti in case di riposo. I risultati hanno rilevato un'assunzione media di minerali, ferro compreso, entro i valori raccomandati, sia per i LOV e VEG che per gli OMN; altrettanto è stato riscontrato per i marcatori sierici relativi al ferro. Una dieta LOV o VEG equilibrata può rappresentare una scelta responsabile nella terza età anche durante periodi in cui gli anziani svolgono attività fisica di resistenza ripetutamente e per periodi prolungati; come studiato da Wells *et al* [41], i valori di assunzione di ferro e i parametri sierici relativi allo stato nutrizionale del ferro, misurati all'inizio e durante lo svolgimento dell'attività fisica, non erano significativamente differenti tra LOV, VEG e OMN di controllo.

### **Atleti**

La valutazione dello stato del ferro in atleti LOV e VEG è molto importante, perchè alcune tipologie di attività fisica possono causare perdita di sangue ed ematuria, dovuta a emolisi, per cui è possibile che gli atleti LOV e VEG, soprattutto le donne, abbiano un rischio di carenza di ferro aumentato rispetto alla normale popolazione. Relativamente allo stato nutrizionale del ferro, la preoccupazione [42] è che l'uso elevato di alimenti vegetali ricchi di carboidrati e di fitati, utili per aumentare le riserve

di glicogeno nell'atleta nell'attività di resistenza, possa ridurre la biodisponibilità del ferro abbassando i livelli di emoglobina e, di conseguenza, rendere meno efficace la prestazione atletica. Diversi studi [42], intesi a valutare la relazione tra dieta LOV e VEG e performance fisica, indicano che una dieta LOV e VEG non peggiora la prestazione atletica nella corsa [43], non ha influenze negative sulla funzione polmonare, sulle capacità aerobiche e anaerobiche e su vari indici antropometrici e metabolici [44;45]. Il 30-50% degli atleti di resistenza, specialmente donne, segue un regime semi-LOV e ha più bassi livelli di ferritina e un'aumentata capacità totale di legare il ferro rispetto agli OMN, mentre altri parametri relativi allo stato del ferro risultano simili tra i due gruppi [45;46]. Livelli di ferritina più bassi rispetto agli OMN sono stati riscontrati in atleti LOV di entrambi i sessi, che si dedicavano alla corsa [47], tuttavia non si sono riscontrate differenze tra i due gruppi nella capacità di affrontare una gara di 1000 km complessivi per la durata di 20 giorni, durante i quali l'assunzione di ferro con la dieta è risultata maggiore nel gruppo dei LOV. Un altro studio ha confrontato atleti che seguivano una dieta LOV e OMN per 6 settimane [49] non ha mostrato differenze significative tra i due gruppi per i livelli di emoglobina, ferro e transferrina nel siero. L'integrazione con ferro non risulta essenziale, tranne in casi in cui si evidenzia carenza (concentrazione di ferritina molto bassa o anemia) o in condizione di elevate perdite mestruali. Anche negli atleti, alti depositi di ferro non solo riducono la fitness cardiovascolare, ma possono rappresentare un fattore di rischio per malattie cardiovascolari.

### **Raccomandazioni/conclusioni**

Si confermano le raccomandazioni LARN IV revisione (2014) che consigliano di aumentare l'assunzione di ferro nei vegetariani rispetto a quanto previsto per una dieta onnivora (PRI). Tale obiettivo si può raggiungere con una dieta vegetariana variata che includa alimenti vegetali con elevato contenuto di ferro. Si consiglia inoltre, per aumentare la biodisponibilità del ferro non-eme di utilizzare le seguenti strategie:

- 1) consumare frutta e verdura ricche di acido ascorbico insieme ad alimenti ricchi di ferro;
- 2) preparare gli alimenti con modalità (macinazione, ammollo e germinazione di cereali e legumi, lievitazione acida del pane) che diminuiscano il contenuto di un potente chelante del ferro, l'acido fitico, tramite l'attivazione di fitasi endogene;
- 3) consumare alimenti fortificati (ad es. cereali per la prima colazione);
- 4) integrare con composti contenenti ferro in situazioni ben definite e dopo la valutazione dello stato nutrizionale del ferro.

## Bibliografia

- (1) Sette S, Le Donne C, Piccinelli R, Mistura L, Ferrari M, Leclercq C (2013) The third National Food Consumption Survey, INRAN-SCAI 2005-06: major dietary sources of nutrients in Italy. *Int J Food Sci Nutr* 64: 1014-21.
- (2) Craig WJ (2010) Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. *Nutr Clin Pract* 25: 613-20.
- (3) Hunt JR (2003) Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* 78: 633S-9S.
- (4) Hurrell R, Egli I (2010) Iron bioavailability and dietary reference values. *Am J Clin Nutr* 91: 1461S-7S.
- (5) Zimmermann MB, Hurrell RF (2007) Nutritional iron deficiency. *Lancet* 370: 511-20.
- (6) Craig WJ (1994) Iron status of vegetarians. *Am J Clin Nutr* 59: 1233S-7S.
- (7) Lonnerdal B (2009) Soybean ferritin: implications for iron status of vegetarians. *Am J Clin Nutr* 89: 1680S-5S.
- (8) Monsen ER, Hallberg L, Layrisse M, Hegsted DM, Cook JD, Mertz W, et al. (1978) Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31: 134-41.
- (9) Collings R, Harvey LJ, Hooper L, Hurst R, Brown TJ, Ansett J, et al. (2013) The absorption of iron from whole diets: a systematic review. *Am J Clin Nutr* 98: 65-81.
- (10) Lonnerdal B, Bryant A, Liu X, Theil EC (2006) Iron absorption from soybean ferritin in nonanemic women. *Am J Clin Nutr* 83: 103-7.
- (11) Sharp PA (2010) Intestinal iron absorption: regulation by dietary & systemic factors. *Int J Vitam Nutr Res* 80: 231-42.
- (12) Luo X, Hill M, Johnson A, Latunde-Dada GO (2014) Modulation of Dcytb (Cybrd 1) expression and function by iron, dehydroascorbate and Hif-2alpha in cultured cells. *Biochim Biophys Acta* 1840: 106-12.
- (13) Agarwal U. Rethinking red meat as a prevention strategy for iron deficiency. *Infant, Child & Adolescent Nutrition* 5, 231-235. 2013.  
Ref Type: Journal (Full)
- (14) Garcia-Casal MN, Layrisse M, Solano L, Baron MA, Arguello F, Llovera D, et al. (1998) Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. *J Nutr* 128: 646-50.
- (15) Hunt JR, Roughead ZK (2000) Adaptation of iron absorption in men consuming diets with high or low iron bioavailability. *Am J Clin Nutr* 71: 94-102.
- (16) Gibson RS, Yeudall F, Drost N, Mtitimuni B, Cullinan T (1998) Dietary interventions to prevent zinc deficiency. *Am J Clin Nutr* 68: 484S-7S.
- (17) Forouhi NG, Harding AH, Allison M, Sandhu MS, Welch A, Luben R, et al. (2007) Elevated serum ferritin levels predict new-onset type 2 diabetes: results from the EPIC-Norfolk prospective study. *Diabetologia* 50: 949-56.

- (18) Amit M (2010) Vegetarian diets in children and adolescents. *Paediatr Child Health* 15: 303-14.
- (19) Craig WJ, Mangels AR (2009) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 109: 1266-82.
- (20) Vegetarian weaning. Nutrition Standing Committee of the British Paediatric Association (1988) *Arch Dis Child* 63: 1286-92.
- (21) Theil EC BJ. Plant ferritin and non-heme iron nutrition in humans. 2004. HarvestPlus Technical Monograph 1. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute and International Center for Tropical Agriculture (CIAT)
- (22) Laskowska-Klita T, Chelchowska M, Ambroszkiewicz J, Gajewska J, Klemarczyk W (2011) The effect of vegetarian diet on selected essential nutrients in children. *Med Wieku Rozwoj* 15: 318-25.
- (23) Sanders TA (1988) Growth and development of British vegan children. *Am J Clin Nutr* 48: 822-5.
- (24) Fulton JR, Hutton CW, Stitt KR (1980) Preschool vegetarian children. Dietary and anthropometric data. *J Am Diet Assoc* 76: 360-5.
- (25) Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: 2003.
- (26) Krajcovicova-Kudlackova M, Simoncic R, Bederova A, Grancicova E, Magalova T (1997) Influence of vegetarian and mixed nutrition on selected haematological and biochemical parameters in children. *Nahrung* 41: 311-4.
- (27) Donovan UM, Gibson RS (1995) Iron and zinc status of young women aged 14 to 19 years consuming vegetarian and omnivorous diets. *J Am Coll Nutr* 14: 463-72.
- (28) Larsson CL, Johansson GK (2002) Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr* 76: 100-6.
- (29) Wilson AK, Ball MJ (1999) Nutrient intake and iron status of Australian male vegetarians. *Eur J Clin Nutr* 53: 189-94.
- (30) Deriemaeker P, Alewaeters K, Hebbelinck M, Lefevre J, Philippaerts R, Clarys P (2010) Nutritional status of Flemish vegetarians compared with non-vegetarians: a matched samples study. *Nutrients* 2: 770-80.
- (31) Haddad EH, Berk LS, Kettering JD, Hubbard RW, Peters WR (1999) Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *Am J Clin Nutr* 70: 586S-93S.
- (32) Nakamoto K, Watanabe S, Kudo H, Tanaka A (2008) Nutritional characteristics of middle-aged Japanese vegetarians. *J Atheroscler Thromb* 15: 122-9.
- (33) Yi-Chia H W-JLC-HCK-HS. Nutrient intakes and iron status of healthy young vegetarians and non vegetarians. *Nutr Res* 19, 663-674. 1999.  
Ref Type: Journal (Full)
- (34) Anderson BM, Gibson RS, Sabry JH (1981) The iron and zinc status of long-term vegetarian women. *Am J Clin Nutr* 34: 1042-8.

- (35) Ball MJ, Bartlett MA (1999) Dietary intake and iron status of Australian vegetarian women. *Am J Clin Nutr* 70: 353-8.
- (36) Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A (2004) Dietary iron intake and iron status of German female vegans: results of the German vegan study. *Ann Nutr Metab* 48: 103-8.
- (37) Hunt JR, Roughead ZK (1999) Nonheme-iron absorption, fecal ferritin excretion, and blood indexes of iron status in women consuming controlled lactoovo-vegetarian diets for 8 wk. *Am J Clin Nutr* 69: 944-52.
- (38) Harvey LJ, Armah CN, Dainty JR, Foxall RJ, John LD, Langford NJ, et al. (2005) Impact of menstrual blood loss and diet on iron deficiency among women in the UK. *Br J Nutr* 94: 557-64.
- (39) Hanson LN, Engelman HM, Alekel DL, Schalinske KL, Kohut ML, Reddy MB (2006) Effects of soy isoflavones and phytate on homocysteine, C-reactive protein, and iron status in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 84: 774-80.
- (40) Obeid R, Geisel J, Schorr H, Hubner U, Herrmann W (2002) The impact of vegetarianism on some haematological parameters. *Eur J Haematol* 69: 275-9.
- (41) Wells AM, Haub MD, Fluckey J, Williams DK, Chernoff R, Campbell WW (2003) Comparisons of vegetarian and beef-containing diets on hematological indexes and iron stores during a period of resistive training in older men. *J Am Diet Assoc* 103: 594-601.
- (42) Nieman DC (1999) Physical fitness and vegetarian diets: is there a relation? *Am J Clin Nutr* 70: 570S-5S.
- (43) Williams MH. *Nutritional aspects of human physical and athletic performance*. Charles C. Thomas Publisher; 1985.
- (44) Hanne N, Dlin R, Rotstein A (1986) Physical fitness, anthropometric and metabolic parameters in vegetarian athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 26: 180-5.
- (45) Snyder AC, Dvorak LL, Roepke JB (1989) Influence of dietary iron source on measures of iron status among female runners. *Med Sci Sports Exerc* 21: 7-10.
- (46) Ruud J. *Vegetarianism: Implications for athletes*. Omaha: 1990.
- (47) Seiler D, Nagel D, Franz H, Hellstern P, Leitzmann C, Jung K (1989) Effects of long-distance running on iron metabolism and hematological parameters. *Int J Sports Med* 10: 357-62.
- (48) Richter EA, Kiens B, Raben A, Tvede N, Pedersen BK (1991) Immune parameters in male athletes after a lacto-ovo vegetarian diet and a mixed Western diet. *Med Sci Sports Exerc* 23: 517-21.

## Zinco

### Biodisponibilità

Nelle diete OMN più della metà del contenuto di zinco (56%) proviene da prodotti di origine animale (dati della USDA Foodsupply, riportati in Hunt [1]). Un dato simile risulta anche nella dieta italiana OMN [2], dove il 54,9% dello zinco proviene da prodotti di origine animale (24,8% carne e derivati, 21% prodotti lattiero-caseari, 6,9% prodotti della pesca, 2,2% uova) e il 40,7% da alimenti vegetali (21,5% cereali e derivati, 9,8% verdure, 5,5% patate e altri tuberi, 2,8% frutta fresca e secca, 1,1% legumi). Il restante contributo è dato principalmente dalle seguenti categorie di alimenti: oli e grassi, dolci, acqua e altre bevande non alcoliche. Se sommiamo ai prodotti di origine vegetale il latte e i suoi derivati e le uova (alimenti consumati nelle diete LOV) arriviamo comunque al 63,9% del totale.

Le persone che passano da una dieta OMN a una dieta LOV o VEG, o che sono abitualmente LOV o VEG, devono consumare ogni giorno alimenti vegetali che siano buone fonti di zinco quali i cereali integrali, i legumi, la frutta secca oleaginosa e i semi oleosi [3]. Tali alimenti, tuttavia, contengono anche un'alta quantità di fitati (inositolo esafosfato IP6, inositolo pentaosfato IP5 e molecole derivate), che sono potenti chelanti dello zinco e lo rendono meno disponibile per l'assorbimento; anche altri componenti degli alimenti vegetali come la fibra e gli ossalati interferiscono con l'assorbimento di questo metallo [4;5].

Prendendo in considerazione il ruolo giocato dai fitati nell'assorbimento dello zinco, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha classificato le diete in base alla biodisponibilità giudicandole:

- ad alta disponibilità: 50-55% di assorbimento e rapporto molare fitati/zinco minore di 5 (con poca fibra proveniente da cereali e uso prevalente di prodotti raffinati);
- a moderata disponibilità: 30-35% di assorbimento e rapporto molare fitati/zinco tra 5 e 15 (diete onnivore, diete vegetariane);
- a bassa disponibilità: 15% di assorbimento e rapporto molare fitati/zinco maggiore di 15 (basse quantità di proteine animali, alto contenuto di alimenti ricchi di fitati e soia come fonte principale di proteine e diete LOV e VEG) (WHO 1996, citato in Hunt, 2002 [1]).

L'assorbimento dello zinco può dunque variare molto e si colloca, in media, tra il 15% e il 26% per una dieta vegetariana e il 33-35% per una dieta onnivora [4;6].

### Componenti della dieta che facilitano o inibiscono l'assorbimento dello zinco

Le proteine animali aumentano l'efficienza di assorbimento dello zinco, anche se presenti in piccola quantità nella dieta [7]. Questo effetto potrebbe essere dovuto agli aminoacidi rilasciati durante la digestione che solubilizzano lo zinco presente nel pasto

[5]. Aminoacidi solforati, peptidi contenenti cisteina, idrossiacidi (acidi della frutta come citrico, malico) e altri acidi organici prodotti nelle fermentazioni incrementano la biodisponibilità dello zinco formando dei chelati che ne aumentano l'assorbimento [7;8].

L'acido fitico e derivati (principalmente IP6 e IP5) formano con lo zinco complessi insolubili risultando potenti inibitori del suo assorbimento [9].

Il complesso calcio-zinco-fitati risulta più insolubile del complesso zinco-fitati e riduce ancora di più la biodisponibilità dello zinco [10]. Anche gli ossalati presenti in molti alimenti vegetali formano complessi con fibra e zinco presenti nella dieta, riducendo l'assorbimento di quest'ultimo [11].

### **Tab. 8. Principali fattori che influenzano la biodisponibilità dello zinco**

#### Fattori facilitanti

- Proteine animali
- Acidi organici
- Aminoacidi e composti solforati

#### Fattori inibenti

- Fitati (principalmente IP6 e IP5)
- Calcio (in combinazione con i fitati)
- Ossalati

### **Procedure di combinazione e preparazione degli alimenti per aumentare la biodisponibilità dello zinco**

Tutte le procedure che attivano le fitasi endogene di alimenti ricchi di fitati (cereali, legumi, frutta secca oleaginosa e semi oleosi), come la lievitazione (pasta acida o lieviti selezionati), la germinazione e la fermentazione, aumentano la biodisponibilità dello zinco [12;13].

Inoltre, a causa dell'alto contenuto di fitati della dieta vegana, è importante che i VEG consumino alimenti ricchi in zinco, come cereali integrali, legumi, semi oleosi e prodotti della soia così da ottenere una sufficiente assunzione di zinco [3].

Il consumo di alimenti fortificati o ricchi naturalmente di zinco rappresenta una valida strategia per migliorare lo stato dello zinco dei LOV e VEG che ne assumono poco ed hanno una concentrazione sierica ai livelli minimi [14].

### **Fattori fisiologici che influenzano la biodisponibilità dello zinco**

Il sistema gastrointestinale è cruciale nel mantenimento dell'omeostasi dello zinco [10;15;16]. Due sono i meccanismi principali che entrano in gioco: la regolazione dell'assorbimento gastrointestinale, che avviene principalmente nel primo tratto dell'intestino tenue a opera di una serie di trasportatori apicali e basolaterali degli enterociti [17] e la regolazione dell'escrezione e del riassorbimento dello zinco endogeno [18]. Lo zinco è secreto, principalmente durante i pasti, nel lume intestinale

attraverso i fluidi pancreatici e biliari e attraverso l'eliminazione delle cellule intestinali senescenti dall'apice dei villi; queste due vie vanno a costituire quello che viene definito zinco fecale endogeno (EFZ).

In caso di diete povere di zinco, l'assorbimento viene regolato positivamente nel medio e lungo termine (2-6 mesi, [19]). L'assorbimento dello zinco aumenta in caso di carenza: in tal caso le perdite possono ridursi anche dell'80% [20].

Il muscolo e l'osso contengono circa l'85% dello zinco presente nel corpo umano e negli stati carenziali il metallo viene mobilizzato principalmente dalle ossa, dal fegato e, negli uomini, dai testicoli [15].

L'organismo umano sembra avere la capacità di regolare le riserve di zinco a fronte di variazioni nel contenuto della dieta di ben 10 volte: normalmente l'assunzione di zinco con la dieta è di 7-15 mg/die; tuttavia, può variare fra 1,4 mg/die e 20 mg/die in ragione del mantenimento dell'equilibrio fisiologico. Una diminuita assunzione di zinco incrementa l'efficienza di utilizzazione di tale minerale sia in termini di aumentato assorbimento che in termini di riduzione di EFZ [15].

## **Valutazione dello stato di nutrizione**

Nel passato le diete vegetariane sono state descritte come carenti di diversi nutrienti fra cui lo zinco [21;22]; studi recenti [23;24] hanno dimostrato che le carenze sono dovute piuttosto a una non corretta composizione dei pasti. Nei paesi occidentali non sembra esserci una carenza significativa di zinco in LOV e VEG, anche se diete LOV e VEG con alto rapporto molare fitati/zinco rappresentano il maggior fattore di rischio carenziale [10]. Va ricordato tuttavia che lo zinco è un micronutriente essenziale per molteplici aspetti del metabolismo, il che lo rende ubiquitario e rende difficile identificare marcatori biologici affidabili del suo stato nutrizionale [25;26].

I marcatori biologici di zinco attualmente ritenuti più idonei a livello individuale sono la concentrazione nel plasma [25], nel siero [18] e l'escrezione urinaria [25]. Gli indicatori di popolazione raccomandati per determinare lo stato dello zinco [27;28] sono la prevalenza dell'assunzione di zinco al di sotto del fabbisogno medio (AR), la percentuale della popolazione con bassa concentrazione di zinco sierico e la percentuale di bambini di età inferiore ai 5 anni con parametri di crescita che mostrano valori più bassi rispetto a quelli medi previsti.

## **Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita**

### **Bambini (6 mesi-3 anni)**

I bambini allattati al seno richiedono un'assunzione di zinco superiore a quella dei bambini OMN solo quando la dieta LOV o VEG seguita dalla madre risulti inadeguata per soddisfare il fabbisogno di questo minerale [29]. Nei casi in cui l'allattamento materno sia impossibile o insufficiente, diminuendo peraltro nel tempo i livelli di zinco

nel latte materno [30], possono essere usate formule a base di latte vaccino per i lattanti LOV e formule a base di soia e riso per i lattanti VEG, alimenti che consentono una crescita e uno sviluppo normali [31;32]. Il fabbisogno di micronutrienti dei lattanti, specialmente per zinco e ferro, è influenzato da fattori come il peso alla nascita, la prematurità e le malattie [33].

### **Bambini (4-10 anni)**

Negli studi che hanno preso in considerazione bambini LOV [4;34] e VEG [35] in età prescolare, la densità di zinco della dieta è risultata simile a quella della dieta di bambini OMN della stessa età. Uno stato dello zinco non ottimale, caratterizzato da basse concentrazioni sieriche, è stato osservato in bambini che seguivano diete povere di alimenti carnei e ricche di calcio; a volte, a tale situazione, si associava un'insufficiente crescita lineare, perdita di sensibilità del gusto e indici funzionali di uno stato dello zinco non ottimale [36;37].

### **Adolescenti (11-18 anni)**

Gli adolescenti hanno un elevato fabbisogno di zinco: per cui LOV e VEG potrebbero avere uno stato dello zinco critico [38;39], come evidenziato in femmine adolescenti canadesi LOV con un'assunzione media di zinco di 7 mg/die, inferiore all'assunzione raccomandata (9 mg/die) [40]. La carenza grave di zinco per i bambini e gli adolescenti può portare disturbi dello sviluppo sessuale, della crescita generale e ossea e del comportamento [41].

### **Adulti**

L'assunzione media di zinco in donne adulte canadesi Avventiste del Settimo Giorno, LOV [40; 42] e VEG da molti anni [42] è risultata simile a quella di OMN di controllo [40] e leggermente superiore a quella raccomandata (9 mg/die). La concentrazione media di zinco sierico era nell'intervallo di normalità. In un altro studio, l'assunzione di zinco in adulti fiamminghi di entrambi i sessi, LOV da almeno un anno, è risultata più alta nei LOV rispetto agli OMN di controllo [43]. Ciò suggerisce che gli inibitori della biodisponibilità di zinco presenti nelle diete LOV non riescono a instaurare uno stato carenziale dello zinco in LOV da lungo tempo: questi sembrano utilizzare lo zinco più efficientemente di quanto facciano gli OMN a cui viene somministrata una dieta vegetariana per un breve periodo di tempo [4].

Al contrario, gli studi di Nakamoto *et al* [44] e di De Bortoli e Cozzolino [45] riportano rispettivamente che l'assunzione di zinco con la dieta di maschi di mezza età LOV o semi-LOV è inferiore alle assunzioni medie previste dal Japan National Health and Nutrition Survey (anche se entro i valori di riferimento giapponesi, JDRI), e che una bassa concentrazione di zinco eritrocitario è presente in adulti di entrambi i sessi vegetariani da almeno 5 anni.

Solo dopo 3 mesi dal passaggio a una dieta LV, adulti di entrambi i sessi mostrano per la prima volta un decremento significativo della concentrazione plasmatica di zinco,

pur in presenza di livelli di assunzione costante [46]. La riduzione rimane comunque nell'ambito di un intervallo normale di zinco sierico. Nessun ulteriore decremento si riscontra a 6 e 12 mesi, suggerendo il raggiungimento di un equilibrio [46].

Studi su donne in gravidanza [47] hanno mostrato livelli simili di assunzione di zinco nelle LOV e nelle OMN, anche se al di sotto dei livelli di assunzione raccomandati. Lo zinco plasmatico è risultato più basso nelle donne gravide, sia LOV che OMN, rispetto alle non gravide. Sembra quindi che le differenze relative allo stato dello zinco siano collegabili più allo stato di gravidanza che alla diversa tipologia di dieta seguita [47].

Non tutte le diete LOV e VEG hanno lo stesso impatto sullo stato dello zinco: coloro che seguono diete più restrittive, per esempio i VEG, possono presentare livelli di assunzione e stato nutrizionale dello zinco più bassi [14] e più bassi valori di concentrazione di zinco plasmatico [48].

### **Anziani**

Anziani di entrambi i sessi, LOV e OMN, residenti in case di riposo, sono stati messi a confronto per lo stato di alcuni nutrienti fra cui lo zinco [49]. Si è osservata un'assunzione media di zinco entro i valori raccomandati sia per i LOV che per gli OMN; la concentrazione di zinco nel siero è però risultata al di sotto dei valori di riferimento per entrambi i gruppi, indipendentemente dalla dieta LOV o OMN, il che può suggerire che i valori di assunzione raccomandati per lo zinco siano sottostimati per gli anziani, che, a causa dell'età, ne assorbono meno. Poiché i due gruppi LOV e OMN risultano comparabili riguardo lo stato nutrizionale e di salute, questo studio conferma [50] che una dieta LOV equilibrata può rappresentare una scelta responsabile anche per la terza età.

### **Atleti**

E' necessario porre particolare attenzione a introdurre nella dieta degli atleti alimenti ricchi di zinco [38] anche se, secondo Fuhrman *et al.* [51], l'integrazione può essere vantaggiosa.

Gli atleti mostrano in genere una funzione immunitaria leggermente depressa, come conseguenza di un intenso training giornaliero o di una singola intensa attività. Lo zinco è essenziale per la funzione immunitaria e per la regolazione dell'espressione genica [51]. Il consumo di alimenti ricchi di zinco, come i semi di zucca, le noci, i semi di girasole, le arachidi, è quindi consigliato agli atleti LOV e VEG [51]. Sembra che l'elevato consumo di alimenti vegetali, necessari ad aumentare le riserve di glicogeno nell'atleta LOV o VEG che pratici attività di resistenza, non riduca in maniera significativa la biodisponibilità di diversi nutrienti tra cui ferro, zinco e altri oligoelementi. La maggior parte degli studi [38], seppur datati, mostra che LOV e VEG presentano uno stato adeguato di questi nutrienti. Ci sono, tuttavia, evidenze che l'esercizio acuto aumenti l'escrezione di zinco urinario [52].

## Raccomandazioni/conclusioni

In ragione della minore biodisponibilità, si conferma quanto indicato nei LARN IV revisione (2014) e si raccomanda ai vegetariani di aumentare l'assunzione di zinco rispetto a quanto raccomandato per la popolazione (PRI), specialmente quando il rapporto molare fitati/zinco della dieta è elevato. Si ritiene che un adeguato assorbimento dello zinco possa essere ottenuto con piccole attenzioni nella selezione e preparazione degli alimenti.

Si consiglia pertanto di utilizzare le seguenti strategie:

- 1) attivazione delle fitasi endogene di alimenti ricchi di fitati e zinco (cereali e legumi) con l'ammollo, la germinazione, la fermentazione, la lievitazione acida o con lieviti selezionati;
- 2) consumo di alimenti ricchi di acidi organici come acido citrico, acido malico ecc. (es. frutta e Brassicaceae) insieme ad alimenti ricchi di zinco.

## Bibliografia

- (1) Hunt JR (2002) Moving toward a plant-based diet: are iron and zinc at risk? *Nutr Rev* 60: 127-34.
- (2) Sette S, Le Donne C, Piccinelli R, Mistura L, Ferrari M, Leclercq C (2013) The third National Food Consumption Survey, INRAN-SCAI 2005-06: major dietary sources of nutrients in Italy. *Int J Food Sci Nutr* 64: 1014-21.
- (3) Venti CA, Johnston CS (2002) Modified food guide pyramid for lactovegetarians and vegans. *J Nutr* 132: 1050-4.
- (4) Gibson RS (1994) Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* 59: 1223S-32S.
- (5) Lonnerdal B (2000) Dietary factors influencing zinc absorption. *J Nutr* 130: 1378S-83S.
- (6) Hunt JR, Matthys LA, Johnson LK (1998) Zinc absorption, mineral balance, and blood lipids in women consuming controlled lactoovo-vegetarian and omnivorous diets for 8 wk. *Am J Clin Nutr* 67: 421-30.
- (7) Sandstrom B, Arvidsson B, Cederblad A, Bjorn-Rasmussen E (1980) Zinc absorption from composite meals. I. The significance of wheat extraction rate, zinc, calcium, and protein content in meals based on bread. *Am J Clin Nutr* 33: 739-45.
- (8) Wegmuller R, Tay F, Zeder C, Brnic M, Hurrell RF (2014) Zinc absorption by young adults from supplemental zinc citrate is comparable with that from zinc gluconate and higher than from zinc oxide. *J Nutr* 144: 132-6.
- (9) Sandstrom B, Sandberg AS (1992) Inhibitory effects of isolated inositol phosphates on zinc absorption in humans. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis* 6: 99-103.
- (10) Krebs NF (2000) Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract. *J Nutr* 130: 1374S-7S.
- (11) Kelsay JL, Prather ES (1983) Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and in a diet containing fruits and vegetables. *Am J Clin Nutr* 38: 12-9.
- (12) Chiplonkar SA, Agte VV (2006) Predicting bioavailable zinc from lower phytate forms, folic Acid and their interactions with zinc in vegetarian meals. *J Am Coll Nutr* 25: 26-33.
- (13) Craig WJ (2010) Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. *Nutr Clin Pract* 25: 613-20.
- (14) Foster M, Chu A, Petocz P, Samman S (2013) Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and meta-analysis of studies in humans. *J Sci Food Agric* 93: 2362-71.
- (15) King JC, Shames DM, Woodhouse LR (2000) Zinc homeostasis in humans. *J Nutr* 130: 1360S-6S.
- (16) Lim KH, Riddell LJ, Nowson CA, Booth AO, Szymlek-Gay EA (2013) Iron and zinc nutrition in the economically-developed world: a review. *Nutrients* 5: 3184-211.
- (17) Cousins RJ (2010) Gastrointestinal factors influencing zinc absorption and homeostasis. *Int J Vitam Nutr Res* 80: 243-8.
- (18) Roohani N, Hurrell R, Kelishadi R, Schulin R (2013) Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci* 18: 144-57.

- (19) Lee DY, Prasad AS, Hydrick-Adair C, Brewer G, Johnson PE (1993) Homeostasis of zinc in marginal human zinc deficiency: role of absorption and endogenous excretion of zinc. *J Lab Clin Med* 122: 549-56.
- (20) Johnson PE, Hunt CD, Milne DB, Mullen LK (1993) Homeostatic control of zinc metabolism in men: zinc excretion and balance in men fed diets low in zinc. *Am J Clin Nutr* 57: 557-65.
- (21) Freeland-Graves JH, Ebangit ML, Hendrikson PJ (1980) Alterations in zinc absorption and salivary sediment zinc after a lacto-ovo-vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 33: 1757-66.
- (22) Freeland-Graves J (1988) Mineral adequacy of vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* 48: 859-62.
- (23) Donovan UM, Gibson RS (1995) Iron and zinc status of young women aged 14 to 19 years consuming vegetarian and omnivorous diets. *J Am Coll Nutr* 14: 463-72.
- (24) Hunt JR (2003) Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* 78: 633S-9S.
- (25) Lowe NM, Fekete K, Decsi T (2009) Methods of assessment of zinc status in humans: a systematic review. *Am J Clin Nutr* 89: 2040S-51S.
- (26) King JC (2011) Zinc: an essential but elusive nutrient. *Am J Clin Nutr* 94: 679S-84S.
- (27) de Benoist B, Darnton-Hill I, Davidsson L, Fontaine O, Hotz C. Conclusions of the Joint WHO/UNICEF/IAEA/IZiNCG Interagency Meeting on Zinc Status Indicators. *Food Nutr Bull.* 2007 Sep;28(3 Suppl):S480-4.
- (28) Gibson RS, Hess SY, Hotz C, Brown KH (2008) Indicators of zinc status at the population level: a review of the evidence. *Br J Nutr* 99 Suppl 3: S14-S23.
- (29) Vegetarian weaning. Nutrition Standing Committee of the British Paediatric Association (1988) *Arch Dis Child* 63: 1286-92.
- (30) Casey CE, Neville MC, Hambidge KM (1989) Studies in human lactation: secretion of zinc, copper, and manganese in human milk. *Am J Clin Nutr* 49: 773-85.
- (31) Breastfeeding and the use of human milk. American Academy of Pediatrics. Work Group on Breastfeeding (1997) *Pediatrics* 100: 1035-9.
- (32) Lasekan JB, Ostrom KM, Jacobs JR, Blatter MM, Ndife LI, Gooch WM, III, et al. (1999) Growth of newborn, term infants fed soy formulas for 1 year. *Clin Pediatr (Phila)* 38: 563-71.
- (33) Allen LH (1998) Zinc and micronutrient supplements for children. *Am J Clin Nutr* 68: 495S-8S.
- (34) Thane CW, Bates CJ (2000) Dietary intakes and nutrient status of vegetarian preschool children from a British national survey. *J Hum Nutr Diet* 13: 149-62.
- (35) Sanders TA, Purves R (1981) An anthropometric and dietary assessment of the nutritional status of vegan preschool children. *J Hum Nutr* 35: 349-57.
- (36) Smit Vanderkooy PD, Gibson RS (1987) Food consumption patterns of Canadian preschool children in relation to zinc and growth status. *Am J Clin Nutr* 45: 609-16.
- (37) Cavan KR, Gibson RS, Grazioso CF, Isalgue AM, Ruz M, Solomons NW (1993) Growth and body composition of periurban Guatemalan children in relation to zinc status: a cross-sectional study. *Am J Clin Nutr* 57: 334-43.

- (38) Nieman DC (1999) Physical fitness and vegetarian diets: is there a relation? *Am J Clin Nutr* 70: 570S-5S.
- (39) Treuherts J. Possible inter-relationship between zinc and dietary fiber in a group of lacto-ovo vegetarian adolescents. *J Plant Food* 4, 89-93. 1982.  
Ref Type: Journal (Full)
- (40) Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: 2001.
- (41) Gibson RS, Yeudall F, Drost N, Mtitimuni B, Cullinan T (1998) Dietary interventions to prevent zinc deficiency. *Am J Clin Nutr* 68: 484S-7S.
- (42) Anderson BM, Gibson RS, Sabry JH (1981) The iron and zinc status of long-term vegetarian women. *Am J Clin Nutr* 34: 1042-8.
- (43) Deriemaeker P, Alewaeters K, Hebbelinck M, Lefevre J, Philippaerts R, Clarys P (2010) Nutritional status of Flemish vegetarians compared with non-vegetarians: a matched samples study. *Nutrients* 2: 770-80.
- (44) Nakamoto K, Watanabe S, Kudo H, Tanaka A (2008) Nutritional characteristics of middle-aged Japanese vegetarians. *J Atheroscler Thromb* 15: 122-9.
- (45) de Bortoli MC, Cozzolino SM (2009) Zinc and selenium nutritional status in vegetarians. *Biol Trace Elem Res* 127: 228-33.
- (46) Srikumar TS, Johansson GK, Ockerman PA, Gustafsson JA, Akesson B (1992) Trace element status in healthy subjects switching from a mixed to a lactovegetarian diet for 12 mo. *Am J Clin Nutr* 55: 885-90.
- (47) King JC, Stein T, Doyle M (1981) Effect of vegetarianism on the zinc status of pregnant women. *Am J Clin Nutr* 34: 1049-55.
- (48) Haddad EH, Berk LS, Kettering JD, Hubbard RW, Peters WR (1999) Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *Am J Clin Nutr* 70: 586S-93S.
- (49) Deriemaeker P, Aerenhouts D, De Ridder D, Hebbelinck M, Clarys P (2011) Health aspects, nutrition and physical characteristics in matched samples of institutionalized vegetarian and non-vegetarian elderly (> 65yrs). *Nutr Metab (Lond)* 8: 37.
- (50) Craig WJ, Mangels AR (2009) Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 109: 1266-82.
- (51) Fuhrman J, Ferreri DM (2010) Fueling the vegetarian (vegan) athlete. *Curr Sports Med Rep* 9: 233-41.
- (52) Clarkson PM, Haymes EM (1994) Trace mineral requirements for athletes. *Int J Sport Nutr* 4: 104-19.

## Omega-3

### Biodisponibilità

Gli omega-3 sono una famiglia di acidi grassi con numerose funzioni biologiche fondamentali per il mantenimento di un buono stato di salute: i più importanti sono l'acido  $\alpha$ -linolenico (ALA, 18:3 omega-3), l'acido eicosapentaenoico (EPA, 20: omega-3) e l'acido docosaesaenoico (DHA, 22:6 omega-3).

L'ALA è l'unico acido grasso omega-3 essenziale che si trova in quantità rilevante nei prodotti di origine vegetale, mentre è scarsamente presente nei grassi animali [1]. Le principali fonti di ALA sono alcuni semi (lino, canapa e chia) e i loro oli, le noci e alcune alghe [2].

Per quanto riguarda EPA e DHA, le uniche fonti vegetali sono le alghe che però, in gran parte, ne contengono piccole quantità in quanto naturalmente povere di grassi. Le alghe brune e rosse (kelp, nori e wakame in particolare) apportano circa 100 mg di EPA per 100 g di peso secco ma sono pressoché prive di DHA; le microalghe, al contrario, ne sono ricche: forniscono il 10-40% di DHA per peso secco.

Il consumo di fonti di ALA, come l'olio di semi di lino, induce un modesto aumento di EPA nei tessuti; l'assunzione diretta di EPA è il modo più efficace per innalzarne la concentrazione tissutale [1]: la conversione di ALA in EPA e DHA è un processo limitato.

Uno studio condotto nella coorte EPIC di Norfolk, in Inghilterra [3], ha riportato le principali fonti alimentari degli omega-3, suddivisi in base alle abitudini alimentari dei partecipanti: per ALA, cereali e verdure; per EPA, grassi aggiunti, latticini, zuppe e salse; per DHA, uova, zuppe e salse.

L'ALA è un acido grasso essenziale in quanto nell'uomo manca l'enzima desaturasi in grado di inserire un doppio legame al carbonio in posizione  $\Delta$  15 (omega-3). ALA può essere metabolicamente convertito in EPA e DHA. La dieta può influire sulla capacità di conversione di questi acidi grassi: diete con un elevato contenuto di LA potrebbero infatti ridurre il metabolismo degli omega-3 attraverso una competizione per il substrato e l'inibizione dell'enzima  $\Delta$  6 desaturasi [4].

Vi sono poi altri fattori della dieta che influiscono negativamente sulla conversione di ALA in EPA e DHA: quantità insufficienti di energia e proteine, piridossina, biotina, calcio, rame, magnesio e zinco [5;6], e un eccessivo consumo di acidi grassi trans [2] e di alcool [7] diminuiscono l'attività degli enzimi di conversione.

Il rapporto omega-6/omega-3 è spesso utilizzato per valutare il bilancio degli acidi grassi essenziali nella dieta. Per chi consuma scarse quantità di EPA e DHA, come può verificarsi nei vegetariani, il rapporto omega-6/omega-3 potrebbe assumere

un'importanza più rilevante rispetto a condizioni in cui si consumano grandi quantità di EPA e DHA [2].

Gli studi sull'effetto dell'integrazione con omega-3 a lunga catena sulla loro concentrazione nei tessuti suggeriscono che i livelli di questi acidi grassi nei muscoli scheletrici [8], nell'epitelio del retto [9] e nel tessuto adiposo [10] aumentano in proporzione alla loro introduzione con la dieta. In uno studio su vegetariani e OMN [11] un'integrazione di DHA privo di EPA, derivato dalle alghe, per un periodo di 6 settimane, aumenta in modo significativo sia i livelli di DHA che quelli di EPA nei fosfolipidi del siero e delle piastrine in entrambi i gruppi. La retroconversione stimata del DHA in EPA è del 9,4% sia nei vegetariani che negli OMN. Uno studio d'intervento pubblicato recentemente mostra invece come un supplemento di DHA come olio algale sia più efficace di un integratore di olio di pesce nell'innalzare i livelli di DHA nei fosfolipidi plasmatici [12].

Per garantire un adeguato stato degli omega-3, sono 3 i passaggi chiave:

- 1) assicurarsi delle buone fonti di ALA;
- 2) massimizzare la conversione di ALA in EPA e DHA;
- 3) assicurarsi una fonte diretta di EPA e DHA.

Gli acidi grassi omega-3, in particolare quelli a lunga catena, sono nutrienti fondamentali per tutta la durata della vita.

La disponibilità di DHA è fondamentale per lo sviluppo fetale perché è il periodo in cui la crescita e lo sviluppo del cervello sono più rapidi. Gli effetti benefici di un elevato consumo di DHA in gravidanza includono una miglior funzione visiva del bambino a 4 mesi ma non a 6 [13], un lieve aumento di durata della gestazione [14] una migliore capacità d'attenzione a un anno di età [15]. La concentrazione di omega-3 alla nascita è correlata allo stato degli omega-3 della madre [16], inoltre la concentrazione nel plasma e nei globuli rossi è ampiamente influenzata dalla dieta [17]. Il contenuto di DHA del latte materno è influenzato dal tipo di dieta e aumenta in modo lineare in risposta all'integrazione [18], mentre l'assunzione di olio di semi di lino, ricco in ALA, non sembrerebbe avere effetto sul contenuto di DHA del latte [19]. I neonati riescono a sintetizzare DHA a partire da ALA [20], tuttavia il tasso di conversione è piuttosto limitato. A tal proposito, nei nuovi LARN IV revisione (2014) si consiglia per i lattanti un'ulteriore assunzione giornaliera di 100 mg di DHA (oltre quella prevista di 250 mg di DHA ed EPA) e per i bambini fino al compimento del terzo anno di vita; in gravidanza e allattamento si consiglia di assumere 250 mg di DHA ed EPA più ulteriori 100-200 mg di DHA.

Gli effetti biologici di ALA non sono equivalenti a quelli degli omega-3 a lunga catena: EPA e DHA vengono incorporati più velocemente nei lipidi plasmatici e di membrana, producendo effetti più rapidi [21].

## Valutazione dello stato di nutrizione

Gli acidi grassi omega-3 sono presenti nelle membrane cellulari e vengono incorporati nei fosfolipidi e negli sfingolipidi. Questi acidi grassi, in particolare quelli a lunga catena (EPA e DHA), influenzano le proprietà biologiche delle membrane. Fra tutti, il DHA è quello più abbondante nei tessuti, in particolare in quelli neurali, come il cervello, e nella retina [4]. Nel tessuto adiposo, invece, EPA e DHA sono presenti in quantità molto piccole, suggerendo una limitata capacità di deposito di questi omega-3 a lunga catena e quindi la necessità di una continua assunzione con la dieta [4].

ALA è scarsamente incorporato nei lipidi plasmatici e nei tessuti, anche quando consumato in grandi quantità, probabilmente a causa della competizione con LA o del fatto che viene di preferenza ossidato per ricavarne energia [1].

Il livello di omega-3 nei fosfolipidi del siero e del plasma è considerato un utile indice biochimico dell'assunzione dietetica e dello stato nutrizionale complessivo per EPA e DHA [22]; tuttavia la composizione in acidi grassi delle membrane dei globuli rossi è ritenuta da molti un indicatore migliore dei consumi a lungo termine in quanto rifletterebbe le assunzioni relative a un periodo di tempo pari alla semivita degli eritrociti stessi, ossia circa 120 giorni [23-25].

Sono stati identificati 31 studi che hanno valutato lo stato degli acidi grassi omega-3 nei vegetariani: gli articoli hanno preso in considerazione i seguenti parametri:

- assunzione alimentare;
- composizione in acidi grassi del siero (liberi, nei trigliceridi, nei fosfolipidi e negli esteri del colesterolo), del plasma (totali, liberi, fosfolipidi, esteri del colesterolo, trigliceridi, LDL), delle piastrine, dei globuli rossi (fosfolipidi, sfingolipidi, fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e fosfatidilserina).

Questi parametri sono stati valutati nei diversi studi per ALA, EPA, acido docosapentaenoico (DPA, 22:5 omega-3), DHA, omega-3 totali, omega-3 a lunga catena, rapporto omega-6/omega-3.

## Stato nutrizionale dei vegetariani nelle diverse fasi della vita

### Gravidanza e allattamento

Due studi [26;27] riportano i risultati dell'influenza di una dieta vegetariana (LOV o VEG) seguita dalla madre sulla composizione in acidi grassi del latte materno e sullo stato degli acidi grassi nel neonato. Dai risultati emerge che i bambini nati da donne vegetariane hanno meno DHA nei fosfolipidi del plasma e dell'arteria del cordone ombelicale, ma ciò non sembra associato all'esito della gravidanza (peso alla nascita, lunghezza e circonferenza cranica). Il latte materno delle madri vegetariane è inoltre più ricco in ALA ma più povero in DHA rispetto a quello delle madri OMN.

Lakin *et al* [28] trovano invece un'assunzione alimentare significativamente più bassa di EPA, DPA e DHA e un rapporto omega-6/omega-3 significativamente più alto nelle madri vegetariane rispetto alle OMN; nei globuli rossi è significativamente superiore la concentrazione di DPA.

### **Bambini (4-10 anni)**

In uno studio su un gruppo di 20 bambini, di età compresa tra 5.8 e 12.8 anni, VEG dalla nascita, è stato trovato un rapporto omega-6/omega-3 molto elevato (44:1) e un'assunzione di ALA pari allo 0.2% dell'energia totale della dieta [29].

### **Adolescenti (11-18 anni)**

In uno studio condotto su bambini vegetariani (VEG, LOV e pescivori) e OMN di 11-15 anni [30], è stato confrontato il profilo plasmatico degli acidi grassi. Dai risultati è emerso che i vegetariani presentavano un livello significativamente più elevato di ALA; per i soli pescivori i livelli di EPA erano significativamente più elevati che per gli OMN e i LOV mentre per i VEG erano più bassi. I VEG presentavano inoltre i livelli più bassi di DHA. Il livello di omega-3 totali era più elevato nei pescivori e più basso nei VEG, in entrambi i casi le differenze rispetto agli OMN e ai LOV erano significative. Di conseguenza, il rapporto omega-6/omega-3 risultava più basso nei pescivori (11.80) e più alto nei VEG (19.48), con differenze significative rispetto agli OMN (13.07) e ai LOV (14.71).

### **Adulti**

Sono stati individuati 26 articoli; 10 di questi [11;12;31-38] sono studi d'intervento per valutare l'effetto di una supplementazione con DHA sullo stato degli acidi grassi in vegetariani o VEG [11;12;31;32;34-38] o di carnitina sui livelli ematici di omega-3 a lunga catena [33]. Solo 3 di questi studi [11;12;36] presentano un confronto tra livelli ematici degli acidi grassi in vegetariani e OMN prima dell'inizio del trattamento.

#### ***Vegetariani***

Vengono di seguito riportati i risultati degli studi che hanno raggruppato VEG e LOV [11;12;26;31;34;35;37-46]; per quegli studi che hanno analizzato separatamente LOV e VEG [3;33;47-50], si riportano di seguito solo i dati relativi ai LOV.

I risultati degli studi relativi all'ALA sono tra loro contrastanti: mentre per alcuni l'assunzione e i livelli ematici sono risultati inferiori nei vegetariani rispetto agli OMN [11;40;43;44;49], in altri sono risultati superiori [3;39;42;46-48;50]. Reddy *et al* [26] non rilevano differenze nell'assunzione e nei livelli plasmatici di ALA tra donne vegetariane originarie del Sud-Est asiatico e donne bianche OMN. Nello studio di Welch *et al* [3] sono stati confrontati VEG, LOV, OMN non pescivori e pescivori. I LOV avevano un'assunzione di ALA superiore agli OMN ma non ai pescivori; il livello di ALA nei fosfolipidi plasmatici risultava maggiore negli uomini LOV rispetto agli OMN pescivori e non; non sono state riscontrate differenze

significative tra le donne per quanto riguarda i livelli plasmatici. Anche un altro studio [12] non ha rilevato differenze dei livelli di ALA nei fosfolipidi plasmatici tra i diversi gruppi. In quasi tutti gli studi le assunzioni e i livelli ematici di EPA e DHA risultano inferiori nei vegetariani rispetto ai gruppi OMN analizzati [3;11;12;26;39;40;42-44;47-50]; tuttavia, nello studio di Welch *et al* [3], quando i LOV vengono confrontati con gli OMN non pescivori, fra gli uomini i livelli ematici risultano superiori nei LOV rispetto agli OMN mentre nelle donne si verifica l'opposto. Quando invece il confronto viene fatto con gli OMN pescivori, i livelli ematici di EPA e DHA dei LOV risultano inferiori in entrambi i sessi [3]. Phinney *et al* non rilevano invece differenze significative [46]. Per quanto riguarda il DPA, le assunzioni alimentari sono risultate sempre inferiori nei vegetariani [47;49] rispetto a OMN o semi-vegetariani, mentre i risultati sui livelli ematici sono tra loro contrastanti: 4 studi hanno riportato un valore inferiore nei vegetariani rispetto agli OMN [41;43;48;50], mentre altri hanno trovato valori superiori [3;40;47] o uguali [12]; nello studio di Welch *et al* [3], i LOV presentano livelli superiori agli OMN pescivori e non. Analizzando l'assunzione di omega-3 totali, uno studio ha riportato una maggior assunzione nei vegetariani rispetto agli OMN [39], mentre un altro studio riporta una minor assunzione nei vegetariani rispetto a chi mangia carne in quantità elevata, ma non a chi ne mangia in quantità moderata [49]; nello studio di Welch *et al*, gli uomini LOV hanno assunzioni superiori agli OMN non pescivori ma inferiori ai pescivori, nelle donne LOV le assunzioni sono inferiori alle OMN sia pescivore che non [3].

Gli studi sui livelli ematici di omega-3 totali, invece, riportano tutti valori inferiori nei vegetariani [12;40;41;43;44;47;48]. Il consumo [49] e i livelli ematici [47] di omega-3 a lunga catena risultano sempre significativamente inferiori nei vegetariani rispetto agli OMN; nello studio di Welch *et al*, gli uomini LOV hanno livelli superiori agli OMN non pescivori ma inferiori ai pescivori, mentre le donne LOV hanno livelli inferiori alle OMN sia pescivore che non [3]. I vegetariani mostrano un rapporto tra assunzione di omega-6 e assunzione di omega-3 più elevato in 2 studi [47;49] su tre [39;47;49], mentre tutti gli studi che hanno valutato il rapporto tra livelli ematici di omega-6 e omega-3 riportano valori superiori nei vegetariani rispetto agli OMN [11;40;41;44;47;48].

Infine, si cita per completezza uno studio d'intervento effettuato su 74 pazienti in cui è stato valutato l'effetto, dopo 12 settimane, di una dieta vegetariana rispetto a una dieta convenzionale per diabetici sul profilo in acidi grassi dei fosfolipidi del siero [51]. I pazienti trattati con dieta vegetariana, rispetto al gruppo di controllo, presentavano livelli inferiori di omega-3 totali e di EPA ma superiori di DHA.

### ***Vegani***

Per quanto riguarda le assunzioni di ALA, 2 studi rilevano un'assunzione significativamente più elevata in questo gruppo rispetto agli altri soggetti in

studio [47;52], mentre altri 2 rilevano un'assunzione significativamente inferiore [3;49]. Fokkema *et al* riportano un'assunzione di ALA pari allo 0.78% dell'energia totale della dieta, quindi entro la raccomandazione dei nuovi LARN IV revisione (2014) per gli omega-3 totali (0.5-2%) [32]. Per quanto riguarda i livelli ematici di ALA, 3 studi non rilevano differenze significative [47;50;52], altri 2 trovano livelli significativamente più elevati [36;48], uno trova un livello significativamente superiore negli uomini ma non nelle donne [3]. In tutti gli studi, a eccezione di uno [36], le assunzioni e i livelli ematici di EPA e DHA risultano inferiori nei VEG rispetto agli altri gruppi analizzati [3;47;49;52]; tale differenza è significativa in tutti gli studi a eccezione di quello di Kornsteiner *et al* [47] per quanto riguarda le assunzioni. Nello studio di Sarter *et al* i livelli ematici di EPA e DPA risultano significativamente superiori nei VEG rispetto agli OMN, mentre sono simili per il DHA [36]. Va inoltre rilevato che, per quanto riguarda i livelli ematici, nell'articolo di Welch *et al* [3], negli uomini VEG sono più bassi i livelli di DHA e più alti quelli di EPA, nelle donne si verifica l'opposto. I livelli ematici di DPA risultano sempre significativamente inferiori nei VEG rispetto agli altri gruppi [3;47;48;50]. L'assunzione totale e i livelli di omega-3 risultano significativamente inferiori in 3 studi [3;48;50], tuttavia l'assunzione risulta significativamente più elevata nello studio di Kornsteiner *et al* nel quale però i livelli ematici sono significativamente inferiori rispetto agli altri gruppi [47]. Il consumo [49] e i livelli ematici [3;47] di omega-3 a lunga catena risultano sempre significativamente inferiori nei VEG rispetto agli altri gruppi alimentari, tuttavia, nello studio di Welch *et al* [3] per le donne si verifica l'opposto.

Il rapporto tra assunzione di omega-6 e di omega-3 risulta più elevato nello studio di Mann *et al* nei VEG (18.7:1) rispetto ai LOV (12.9:1), a chi mangia carne in quantità moderata (9.7:1) o elevata (9.2:1), ma non viene riportata la significatività [49]; in un altro studio non vengono rilevate differenze significative [47]. Il rapporto tra livelli ematici di omega-6 e di omega-3 risulta significativamente superiore nei VEG rispetto agli altri gruppi [47;48].

### ***VEG crudisti ("living food diet")***

Lo studio di Agren *et al* [53] ha confrontato le assunzioni alimentari e i livelli ematici di omega-3 tra 8 soggetti a dieta VEG a crudo, ricca in lattobacilli, priva di prodotti animali o sale aggiunto da almeno 3 anni e 11 controlli che seguivano una dieta onnivora. Sebbene l'assunzione e i livelli ematici di ALA non differissero significativamente tra i 2 gruppi, quelli degli omega-3 a lunga catena (EPA, DPA, DHA, omega-3 totali e rapporto omega-3/omega-6) risultavano significativamente inferiori nei VEG-crudisti rispetto al gruppo di controllo.

## **Anziani**

Non vi sono studi che abbiano trattato separatamente gli anziani; tuttavia in 5 degli studi presi in esame in questa revisione [3;36;42;50;51] è specificato che sono inclusi anche soggetti di età superiore a 64 anni.

## **Raccomandazioni/conclusioni**

I vegetariani possono migliorare il loro stato di nutrizione riguardo gli acidi grassi omega-3 con diversi accorgimenti dietetici: a) assumere regolarmente buone fonti di ALA (es. noci, semi di lino e di chia, oli da essi derivati); b) ridurre le fonti di LA (ad es. oli vegetali quali olio di mais, olio di girasole).

Si consiglia inoltre un'adeguata assunzione di nutrienti importanti per la conversione di ALA in EPA e DHA (proteine, piridossina, biotina, calcio, rame, magnesio e zinco) e di limitare l'assunzione di sostanze interferenti con questo processo (acidi grassi omega-6, acidi grassi trans e alcol).

L'utilizzo di alghe, come tali o come ingredienti in altre preparazioni, può contribuire a fornire alla dieta minime quantità di acidi grassi omega-3 a lunga catena. Per le persone con accresciuto fabbisogno (donne in gravidanza e in allattamento, bambini fino ai 2 anni di vita) e in chi presenta una ridotta capacità di conversione (anziani e persone affette da diabete e/o malattie croniche) è preferibile ricorrere a un integratore da fonte microalgale a contenuto titolato.

## Bibliografia

- (1) Nettleton JA (1991) Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *J Am Diet Assoc* 91: 331-7.
- (2) Davis BC, Kris-Etherton PM (2003) Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications. *Am J Clin Nutr* 78: 640S-65S.
- (3) Welch AA, Shakya-Shrestha S, Lentjes MA, Wareham NJ, Khaw KT (2010) Dietary intake and status of n-3 polyunsaturated fatty acids in a population of fish-eating and non-fish-eating meat-eaters, vegetarians, and vegans and the product-precursor ratio [corrected] of alpha-linolenic acid to long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids: results from the EPIC-Norfolk cohort. *Am J Clin Nutr* 92: 1040-51.
- (4) Arterburn LM, Hall EB, Oken H (2006) Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr* 83: 1467S-76S.
- (5) Siguel EN, Lerman RH (1994) Altered fatty acid metabolism in patients with angiographically documented coronary artery disease. *Metabolism* 43: 982-93.
- (6) Horrobin DF (1992) Nutritional and medical importance of gamma-linolenic acid. *Prog Lipid Res* 31: 163-94.
- (7) Nervi AM, Peluffo RO, Brenner RR, Leikin AI (1980) Effect of ethanol administration on fatty acid desaturation. *Lipids* 15: 263-8.
- (8) Andersson A, Nalsen C, Tengblad S, Vessby B (2002) Fatty acid composition of skeletal muscle reflects dietary fat composition in humans. *Am J Clin Nutr* 76: 1222-9.
- (9) Lloyd-Still JD, Powers CA, Hoffman DR, Boyd-Trull K, Lester LA, Benisek DC, et al. (2006) Bioavailability and safety of a high dose of docosahexaenoic acid triacylglycerol of algal origin in cystic fibrosis patients: a randomized, controlled study. *Nutrition* 22: 36-46.
- (10) Garland M, Sacks FM, Colditz GA, Rimm EB, Sampson LA, Willett WC, et al. (1998) The relation between dietary intake and adipose tissue composition of selected fatty acids in US women. *Am J Clin Nutr* 67: 25-30.
- (11) Conquer JA, Holub BJ (1997) Dietary docosahexaenoic acid as a source of eicosapentaenoic acid in vegetarians and omnivores. *Lipids* 32: 341-5.
- (12) Ryan L, Symgton AM (2014) Algal-oil supplements are a viable alternative to fish-oil supplements in terms of docosahexaenoic acid (22:6n-3, DHA). *Journal of Functional Foods* .
- (13) Judge MP, Harel O, Lammi-Keefe CJ (2007) A docosahexaenoic acid-functional food during pregnancy benefits infant visual acuity at four but not six months of age. *Lipids* 42: 117-22.
- (14) Szajewska H, Horvath A, Koletzko B (2006) Effect of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation of women with low-risk pregnancies on pregnancy outcomes and growth measures at birth: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 83: 1337-44.
- (15) Carlson SE (2009) Docosahexaenoic acid supplementation in pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 89: 678S-84S.
- (16) AI MD, Hornstra G, van der Schouw YT, Bulstra-Ramakers MT, Huisjes HJ (1990) Biochemical EFA status of mothers and their neonates after normal pregnancy. *Early Hum Dev* 24: 239-48.

- (17) Hoffman DR, Birch EE, Birch DG, Uauy R, Castaneda YS, Lapus MG, et al. (2000) Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 31: 540-53.
- (18) Makrides M, Neumann MA, Gibson RA (1996) Effect of maternal docosahexaenoic acid (DHA) supplementation on breast milk composition. *Eur J Clin Nutr* 50: 352-7.
- (19) Francois CA, Connor SL, Bolewicz LC, Connor WE (2003) Supplementing lactating women with flaxseed oil does not increase docosahexaenoic acid in their milk. *Am J Clin Nutr* 77: 226-33.
- (20) Salem N, Jr., Wegher B, Mena P, Uauy R (1996) Arachidonic and docosahexaenoic acids are biosynthesized from their 18-carbon precursors in human infants. *Proc Natl Acad Sci U S A* 93: 49-54.
- (21) Simopoulos AP (1999) Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am J Clin Nutr* 70S: 560S-9S.
- (22) Hodson L, Skeaff CM, Fielding BA (2008) Fatty acid composition of adipose tissue and blood in humans and its use as a biomarker of dietary intake. *Prog Lipid Res* 47: 348-80.
- (23) Albert CM, Campos H, Stampfer MJ, Ridker PM, Manson JE, Willett WC, et al. (2002) Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death. *N Engl J Med* 346: 1113-8.
- (24) Arab L (2003) Biomarkers of fat and fatty acid intake. *J Nutr* 133 Suppl 3: 925S-32S.
- (25) Potischman N (2003) Biologic and methodologic issues for nutritional biomarkers. *J Nutr* 133 Suppl 3: 875S-80S.
- (26) Reddy S, Sanders TA, Obeid O (1994) The influence of maternal vegetarian diet on essential fatty acid status of the newborn. *Eur J Clin Nutr* 48: 358-68.
- (27) Sanders TA, Reddy S (1992) The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. *J Pediatr* 120: S71-S77.
- (28) Lakin V, Haggarty P, Abramovich DR, Ashton J, Moffat CF, McNeill G, et al. (1998) Dietary intake and tissue concentration of fatty acids in omnivore, vegetarian and diabetic pregnancy. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 59: 209-20.
- (29) Sanders TA, Manning J (1992) The growth and development of vegan children. *J Human Nutr Diet* 5: 11-21.
- (30) Krajcovicova-Kudlackova M, Simoncic R, Bederova A, Klvanova J (1997) Plasma fatty acid profile and alternative nutrition. *Ann Nutr Metab* 41: 365-70.
- (31) Conquer JA, Holub BJ (1996) Supplementation with an algae source of docosahexaenoic acid increases (n-3) fatty acid status and alters selected risk factors for heart disease in vegetarian subjects. *J Nutr* 126: 3032-9.
- (32) Fokkema MR, Brouwer DA, Hasperhoven MB, Martini IA, Muskiet FA (2000) Short-term supplementation of low-dose gamma-linolenic acid (GLA), alpha-linolenic acid (ALA), or GLA plus ALA does not augment LCP omega 3 status of Dutch vegans to an appreciable extent. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 63: 287-92.
- (33) Fokkema MR, van Rieke HM, Bauermann OJ, Smit EN, Muskiet FA (2005) Short-term carnitine supplementation does not augment LCPomega3 status of vegans and lacto-ovo-vegetarians. *J Am Coll Nutr* 24: 58-64.

- (34) Geppert J, Kraft V, Demmelmaier H, Koletzko B (2005) Docosahexaenoic acid supplementation in vegetarians effectively increases omega-3 index: a randomized trial. *Lipids* 40: 807-14.
- (35) Li D, Sinclair A, Wilson A, Nakkote S, Kelly F, Abedin L, et al. (1999) Effect of dietary alpha-linolenic acid on thrombotic risk factors in vegetarian men. *Am J Clin Nutr* 69: 872-82.
- (36) Sarter B, Kelsey KS, Schwartz TA, Harris WS (2014) Blood docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in vegans: Associations with age and gender and effects of an algal-derived omega-3 fatty acid supplement. *Clin Nutr* .
- (37) Wu WH, Lu SC, Wang TF, Jou HJ, Wang TA (2006) Effects of docosahexaenoic acid supplementation on blood lipids, estrogen metabolism, and in vivo oxidative stress in postmenopausal vegetarian women. *Eur J Clin Nutr* 60: 386-92.
- (38) Yep YL, Li D, Mann NJ, Bode O, Sinclair AJ (2002) Bread enriched with microencapsulated tuna oil increases plasma docosahexaenoic acid and total omega-3 fatty acids in humans. *Asia Pac J Clin Nutr* 11: 285-91.
- (39) Beezhold BL, Johnston CS, Daigle DR (2010) Vegetarian diets are associated with healthy mood states: a cross-sectional study in seventh day adventist adults. *Nutr J* 9: 26.
- (40) Huang T, Yu X, Shou T, Wahlqvist ML, Li D (2013) Associations of plasma phospholipid fatty acids with plasma homocysteine in Chinese vegetarians. *Br J Nutr* 109: 1688-94.
- (41) Korpela R, Seppo L, Laakso J, Lilja J, Karjala K, Lahteenmaki T, et al. (1999) Dietary habits affect the susceptibility of low-density lipoprotein to oxidation. *Eur J Clin Nutr* 53: 802-7.
- (42) Lee HY, Woo J, Chen ZY, Leung SF, Peng XH (2000) Serum fatty acid, lipid profile and dietary intake of Hong Kong Chinese omnivores and vegetarians. *Eur J Clin Nutr* 54: 768-73.
- (43) Li D, Ball M, Bartlett M, Sinclair A (1999) Lipoprotein(a), essential fatty acid status and lipoprotein lipids in female Australian vegetarians. *Clin Sci (Lond)* 97: 175-81.
- (44) Manjari V, Suresh Y, Sailaja Devi MM, Das UN (2001) Oxidant stress, anti-oxidants and essential fatty acids in South Indian vegetarians and non-vegetarians. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 64: 53-9.
- (45) Mezzano D, Munoz X, Martinez C, Cuevas A, Panes O, Aranda E, et al. (1999) Vegetarians and cardiovascular risk factors: hemostasis, inflammatory markers and plasma homocysteine. *Thromb Haemost* 81: 913-7.
- (46) Phinney SD, Odin RS, Johnson SB, Holman RT (1990) Reduced arachidonate in serum phospholipids and cholesteryl esters associated with vegetarian diets in humans. *Am J Clin Nutr* 51: 385-92.
- (47) Kornsteiner M, Singer I, Elmadfa I (2008) Very low n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid status in Austrian vegetarians and vegans. *Ann Nutr Metab* 52: 37-47.
- (48) Li D, Sinclair A, Mann N, Turner A, Ball M, Kelly F, et al. (1999) The association of diet and thrombotic risk factors in healthy male vegetarians and meat-eaters. *Eur J Clin Nutr* 53: 612-9.
- (49) Mann N, Pirota Y, O'Connell S, Li D, Kelly F, Sinclair A (2006) Fatty acid composition of habitual omnivore and vegetarian diets. *Lipids* 41: 637-46.
- (50) Rosell MS, Lloyd-Wright Z, Appleby PN, Sanders TA, Allen NE, Key TJ (2005) Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men. *Am J Clin Nutr* 82: 327-34.

- (51) Kahleova H, Matoulek M, Bratova M, Malinska H, Kazdova L, Hill M, et al. (2013) Vegetarian diet-induced increase in linoleic acid in serum phospholipids is associated with improved insulin sensitivity in subjects with type 2 diabetes. *Nutr Diabetes* 3: e75.
- (52) Sanders TA, Roshanai F (1992) Platelet phospholipid fatty acid composition and function in vegans compared with age- and sex-matched omnivore controls. *Eur J Clin Nutr* 46: 823-31.
- (53) Agren JJ, Tormala ML, Nenonen MT, Hanninen OO (1995) Fatty acid composition of erythrocyte, platelet, and serum lipids in strict vegans. *Lipids* 30: 365-9.

## Alimenti alternativi per vegetariani

Gli alimenti alternativi sono proposti come sostituti dei prodotti di origine animale, principalmente della carne e dei latticini, e sono prodotti dall'industria alimentare con ingredienti e tecnologie atti a mimare una struttura il meno differente possibile dall'alimento che intendono sostituire, eventualmente addizionati di coloranti, che richiamino il colore originale, e aromatizzati con salsa di soia, sale, spezie e alghe. Questi prodotti sono raggruppabili in due principali tipologie:

1. alimenti a base di proteine del frumento e/o di legumi (principalmente soia) quali gli hamburger vegetali e il seitan, anche fermentati, quali il tofu e il tempeh. La struttura dell'alimento è ottenuta principalmente grazie alla riorganizzazione del reticolo proteico ottenibile mediante processi specifici per tipo di proteina:
  - a- l'impastamento con acqua della farina permette di ottenere il glutine, grazie ai legami tra le cisteine di gliadine e glutenine;
  - b- la riorganizzazione fisica delle proteine della soia in fibre per estrusione a caldo (testurizzazione);
  - c- la coagulazione delle medesime per azione combinata di sali minerali generalmente bivalenti (Mg, Ca ecc.) e calore.

In questo modo si ottengono prodotti che cercano di imitare rispettivamente alcune caratteristiche della struttura fibrosa della carne o del coagulo di alcuni latticini. Queste tecnologie sono tradizionalmente utilizzate da secoli nei paesi asiatici.

Le strutture proteiche ottenute sono in grado di trattenere i grassi e/o gli oli vegetali aggiunti e sono stabilizzate fisicamente con addensanti quali gomma di guar, xantano, carruba, carragenina e altre fibre vegetali che sono utili anche a trattenere la quantità desiderata di acqua.

2. alimenti a basso tenore proteico ottenuti miscelando acqua e lipidi, principalmente derivati da cocco, girasole o colza. L'emulsione è ottenuta con opportuni mezzi fisici che creano una molteplicità di piccole gocce d'olio in grado di disperdersi nella frazione acquosa. Tale struttura è tuttavia per sua natura poco stabile nel tempo nonostante la presenza di emulsionanti naturali e/o aggiunti, e tenderebbe a separarsi rapidamente. Per aumentare la durata della stabilità dell'emulsione, la fase acquosa è resa più viscosa per aggiunta di amidi, di solito di riso o frumento, e/o altri addensanti, quali gomma di guar, xantano, farina di carruba, agar-agar ecc. La maggiore viscosità rende inoltre più consistenti alla masticazione i prodotti. In questa tipologia si ritrovano frequentemente alimenti che evocano nella loro denominazione i formaggi. Nel caso dei sostituti degli affettati, all'emulsione si possono aggiungere pomodoro con funzione di pigmento e, per consumatori LOV, anche albume d'uovo, che contiene proteine con capacità strutturanti e in grado di ritenere importanti quantità di acqua. L'albume inoltre, quando coagulato, permette anche di richiamare l'immagine e il colore delle particelle di grasso animale.

In Italia la varietà delle specie vegetali tradizionalmente consumate (cereali, legumi, ortaggi, frutta, semi, olio extravergine di oliva) e dei loro derivati consente di realizzare un'alimentazione sana e nutrizionalmente adeguata anche quando le scelte riguardano solo gli alimenti di origine vegetale. Non sembra esservi alcuna stretta necessità nutrizionale di introdurre nei consumi abituali degli italiani alimenti appartenenti ad altre culture (derivati della soia: tofu, miso, tamari, tempeh) o derivati da manipolazioni di tecnologia alimentare (seitan, muscolo di grano, estrusi di soia) finalizzate per lo più ad arricchire in misura innaturale gli alimenti di principi nutrizionali (soprattutto proteine) il cui fabbisogno è facilmente ottenibile da specie alimentari autoctone o tradizionalmente utilizzate nel nostro paese.

Il nostro paese, ricco per ragioni geografiche e climatiche di un'ampia varietà di forme viventi e di comunità biologiche, ha trovato nei suoi ecosistemi naturali le materie prime che ne hanno indirizzato le scelte alimentari e hanno consentito di sviluppare la tradizionale eccellenza dell'arte culinaria italiana. Le basi dell'alimentazione italiana sono indissolubilmente legate al mondo contadino e alle specie vegetali spontanee o coltivate. La stessa dieta mediterranea, additata come riferimento per il modo tradizionale degli italiani di nutrirsi, è a base vegetale, riconoscendo ai consumi animali, e carnei in particolare, un ruolo assai marginale nella copertura dei fabbisogni energetico-nutrizionale della popolazione.

Le diete vegetariane hanno nell'adeguatezza nutrizionale, nell'ampia varietà delle specie naturali scelte come cibo e nella sostenibilità ambientale dei consumi i tratti e, insieme, gli obiettivi che le caratterizzano. Di conseguenza l'integrazione di queste con alimenti industriali formulati per sostituire alimenti di origine animale o con alimenti di altre tradizioni non risulta in linea con questi obiettivi oltre a non essere necessaria per raggiungere l'adeguatezza nutrizionale in qualunque fascia di età della popolazione.