



Lo iodio nell'alimentazione dell'età evolutiva

Roberto Gastaldi¹ · Paola Borgia² · Mohamad Maghnie²

Accettato: 22 dicembre 2020
© The Author(s) 2021

Sommario Lo iodio viene assunto esclusivamente attraverso gli alimenti e rappresenta un componente essenziale per la sintesi degli ormoni tiroidei. Una carenza iodica misconosciuta da inadeguato apporto dietetico che si instaura nei primi anni di vita può essere responsabile di scarsa crescita e disordini dello sviluppo neuro-cognitivo. Negli ultimi anni è aumentata la prevalenza delle allergie alimentari e dei cultori di diete vegane nei paesi occidentali. Entrambe le situazioni impongono restrizioni dietetiche, limitando le fonti di importanti nutrienti come iodio, ferro, zinco, vitamina D, calcio e vitamina B12. Nelle allergie alimentari e in regime dietetico vegano, infatti, i primi alimenti ad essere esclusi sono proprio quelli a maggior contenuto di iodio, come pesce, latte, uova e derivati. L'apporto di iodio può dunque divenire insufficiente qualora non ci sia adeguato utilizzo di fonti di iodio alternative, come il sale iodato. Pertanto, risulta fondamentale che gli operatori sanitari siano a conoscenza dei possibili rischi di carenze nutrizionali in bambini con allergia alimentare, vegani o entrambi, al fine di garantire un attento monitoraggio auxologico e nutrizionale e soddisfare il fabbisogno energetico e nutritivo. In questo articolo riassumiamo i principali aspetti riguardanti l'apporto iodico in dieta vegana e nelle diete di esclusione dei bambini con allergie alimentari, revisionando la letteratura su questi argomenti e fornendo alcuni suggerimenti per i pediatri.

Proposto da Antonella Olivieri e Mariacarla Moleti.

Informazioni Supplementari La versione online contiene materiale supplementare disponibile su
<https://doi.org/10.1007/s40619-021-00924-2>.

✉ R. Gastaldi
robertogastaldi@gaslini.org

¹ IRCCS Giannina Gaslini, Genova, Italia

² Clinica Pediatrica Giannina Gaslini, Università degli Studi di Genova, Genova, Italia

Parole chiave Iodio · Allergia alimentare · Dieta vegana

Introduzione

Lo iodio è un micronutriente indispensabile alla sintesi degli ormoni tiroidei, Tiroxina (T4) e Triiodotironina (T3), del cui peso molecolare costituisce rispettivamente il 65 e il 59%. Assunto esclusivamente con gli alimenti (crostacei, molluschi e pesci di mare, latte, latticini, uova e cereali ne rappresentano la fonte principale), viene escreto con le urine per il 90%. La misura della ioduria (UIC) è pertanto il più affidabile indicatore della nutrizione iodica. Una UIC compresa fra 100 e 299 mcg/L indica uno stato di iodosufficienza, una UIC compresa fra 50 e 99 mcg/L una carenza lieve, moderata fra UIC 49 e 20 mcg/L e severa se <20 mcg/L. Il fabbisogno giornaliero di iodio è variabile secondo le diverse età della vita (Tabella 1) ed è insufficiente in alcune aree del pianeta. Solo 15 anni dopo l'introduzione della profilassi iodica volontaria con sale fortificato con iodio (30 mg/kg), il nostro paese ha raggiunto la sufficienza nutrizionale di iodio [1]. Il sale iodato è quindi un alimento che può essere impiegato fin dall'infanzia, dopo il primo anno di vita, alla quantità giornaliera di 3 g/die (5 g/die per gli adulti). Questa dose deve tener conto che il 30% circa di questo micronutriente si disperde con la cottura dei cibi, a meno di non utilizzare la formulazione cosiddetta "protetta".

Carenza iodica in età fetale, neonatale e nella prima infanzia

La carenza di iodio, sia nel feto che nel bambino, può essere responsabile di uno sviluppo neuro-cognitivo patologico e di una tireopatia, con ipotiroidismo e gozzo. Nel mondo

Tabella 1 Fabbisogno giornaliero di iodio nelle diverse fasce di età (adattata da [19])

Fabbisogno giornaliero di iodio		
Classe di età	Valore	µg/Kg peso corporeo/giorno
Neonati	40 µg/die	6,0–30
Bambini	1–3 anni	70 µg/die
	4–6 anni	90 µg/die
	7–10 anni	120 µg/die
Adulti	150 µg/die	2,0
Gravidanza e allattamento	250 µg/die	3,5

occidentale è improbabile osservare le gravi sequele neurologiche e tiroidee di una severa carenza iodica, ma nei casi in cui questa sia parziale, i bambini possono manifestare disturbi comportamentali, deficit di attenzione e iperattività (ADHD), autismo e quoziente intellettivo (QI) significativamente più basso rispetto ai coetanei iodo-sufficienti [2].

Durante il periodo neonatale e la prima infanzia vi è un maggior rischio di carenza iodica poiché il fabbisogno di iodio rispetto al peso corporeo è maggiore e le riserve intratiroidee di questo micronutriente sono ridotte. I neonati alimentati con latte materno difficilmente manifesteranno una carenza di iodio se l'introito alimentare materno sarà adeguato a coprire il fabbisogno giornaliero. Una recente revisione della letteratura ha evidenziato che la concentrazione di iodio nel latte materno è fortemente influenzata dalla dieta, da fattori ambientali, dalla supplementazione con sale iodato e, non ultimo, dall'accuratezza nelle determinazioni della ioduria. È stato dimostrato che una concentrazione di iodio nel latte materno di 150 mcg/litro nei primi sei mesi di vita sia sufficiente ad assicurare un adeguato apporto iodico nel lattante e a prevenire le conseguenze legate alla carenza [3].

I lattini formulati reperibili sul mercato sono adeguatamente arricchiti di iodio; pertanto, i neonati non allattati al seno difficilmente potranno andare incontro a una carenza iodica.

Quando viene abbandonata l'alimentazione latte esclusiva, intorno ai sei mesi di vita, l'apporto di iodio può tuttavia diventare insufficiente, soprattutto qualora l'alimentazione del bambino non preveda, oppure preveda in quantità ridotte, alimenti a elevato contenuto di iodio.

Lo iodio nelle diete vegane e vegetariane

La prevalenza di diete restrittive, principalmente vegetariane e vegane, è in netto aumento in Europa e in altri paesi occidentali. Mentre nella popolazione adulta tali diete hanno mostrato benefici nel ridurre il rischio di patologie croniche (diabete di tipo 2, obesità e malattie cardiovascolari),

una dieta vegana non rigorosamente controllata da un esperto nutrizionista avviata nella prima infanzia può condizionare negativamente la crescita staturale e neurocognitiva del bambino, determinando un *intake* inadeguato non solo di iodio, ma anche di acidi grassi a catena lunga, ferro, zinco, vitamina D, calcio e vitamina B12 [4, 5]. Il contenuto di iodio negli alimenti di origine vegetale è infatti inferiore rispetto a quello di origine animale a causa della bassa concentrazione di iodio nel suolo. Uno studio che ha valutato lo stato nutrizionale di iodio in soggetti con diete alternative (15 vegani e 31 vegetariani), ha riscontrato un'escrezione urinaria media di iodio significativamente ridotta in vegani e vegetariani, con tassi di prevalenza di carenza di iodio del 26% nei vegetariani e dell'80% nei vegani, contro il 9% nel gruppo a nutrizione mista [6]. Una carenza iodica, dunque, si può verificare maggiormente nei vegani di stretta osservanza e la gravidanza può rappresentare una fase particolarmente suscettibile in tal senso, sia per la madre che per il bambino. Sebbene l'ipotiroidismo franco nel neonato sia raro, è descritto in letteratura il caso di un ipotiroidismo da carenza iodica in un figlio di madre vegana [7]. Un altro report della letteratura riporta il caso di un bambino di due anni d'età, figlio di genitori vegani, che ha sviluppato ipotiroidismo solo dopo lo svezzamento; prima di allora, infatti, l'introito iodico veniva garantito dall'allattamento [8]. In conclusione, la dieta vegana viene ammessa dalle principali società internazionali di nutrizione, purché sia supervisionata da un nutrizionista esperto che prescriva un'adeguata integrazione di vitamine e micronutrienti; per quanto attiene lo iodio, si utilizzano integratori che riescano a coprire il fabbisogno giornaliero, sale iodato o alcuni tipi di alghe.

Allergie alimentari e carenza iodica

L'allergia alimentare è una delle quattro manifestazioni della "marcia atopica", insieme a eczema, rinite allergica e asma. A seconda dei meccanismi immuno-fisiopatologici implicati, può essere classificata come IgE mediata (orticaria, anafilassi e *pollen-food syndrome*), non-IgE mediata (proctocolite allergica, enterocolite, emosiderosi polmonare e malattia celiaca) o mista (esofagite eosinofila e dermatite atopica). A livello planetario, le allergie alimentari sono descritte nel 2,5–6% dei bambini e il loro trattamento, nella grande maggioranza dei casi, consiste nella dieta di esclusione. Le allergie alimentari si manifestano solitamente nei primi tre anni di vita, un periodo dell'infanzia caratterizzato da una rapida crescita e sviluppo. Pertanto, una inadeguata dieta di esclusione può determinare carenza di vitamine, minerali, anemia, rachitismo e deficit di crescita [9]. La maggior parte degli studi che hanno analizzato le carenze nutrizionali nei bambini con allergia alimentare si è focalizzata sulle vitamine (A, D, E), acido folico, ferro, zinco e B12, risultati

Tabella 2 Contenuto di iodio nei più comuni alimenti allergenici espresso in microgrammi per chilogrammo di alimento fresco (adattata da [20])

Alimento	Valore medio di iodio µg/kg di prodotto fresco
Pesce d'acqua salata	832
Crostacei	798
Uova	93
Latte	47
Cereali	47
Pesce d'acqua dolce	30
Arachidi	20
Frutta a guscio	5

tutti carenti, pur con differente severità [10]. Questa è una considerazione importante, perché in passato, nella valutazione dello stato nutrizionale dei bambini allergici agli alimenti, spesso non sono stati inclusi nutrienti che effettivamente poi sono risultati carenti, come lo iodio. In letteratura sono descritti casi di ipotiroidismo e tireopatie secondari a insufficiente apporto di iodio [11, 12]; vogliamo ricordare, in particolare, il caso di un bambino di 6 anni affetto da allergie alimentari multiple il quale ha sviluppato una tireopatia con gozzo e ipotiroidismo secondario a una dieta restrittiva e ricca di tiocianati [13]. Recentemente è stato riportato il caso di un ragazzo affetto da allergie alimentari multiple che, dall'età di 6 anni, aveva eliminato dalla dieta il pesce e altri alimenti ritenuti allergizzanti e, successivamente, anche gli integratori polivitaminici-minerali. Anche questo ragazzo ha sviluppato una tireopatia con gozzo e ipotiroidismo da carenza di iodio [14]. Queste situazioni sono reversibili con la reintroduzione di una dieta bilanciata e un sufficiente apporto iodico, oltre alla terapia farmacologica.

Un rilevante problema nella pratica clinica è rappresentato dal fatto che, in molti casi, le allergie alimentari sono soltanto presunte sulla base di una sintomatologia allergica insorta dopo l'assunzione di alimenti potenzialmente allergizzanti. Queste situazioni sono molto più frequenti rispetto alle reali allergie alimentari, ovvero quelle diagnosticate con procedure specifiche e in particolare con la *oral food challenge*. In entrambi i casi, tuttavia, si procede quasi sempre con una dieta di esclusione e questa, se non perfettamente bilanciata e adeguatamente integrata, può favorire l'insorgere di una carenza nutrizionale, di iodio in particolare, perché i primi alimenti che vengono esclusi sono proprio quelli a maggior contenuto di questo micronutriente (Tabella 2).

Risulta pertanto fondamentale che i bambini con allergie alimentari multiple siano considerati a rischio per una carenza di iodio, quindi sottoposti regolarmente a valutazioni nutrizionali e a un'adeguata integrazione di vitamine e micronutrienti. La patogenesi della carenza nutrizionale indot-

ta dalla dieta da esclusione e le sue possibili conseguenze sono illustrate nella Figura 1 [15].

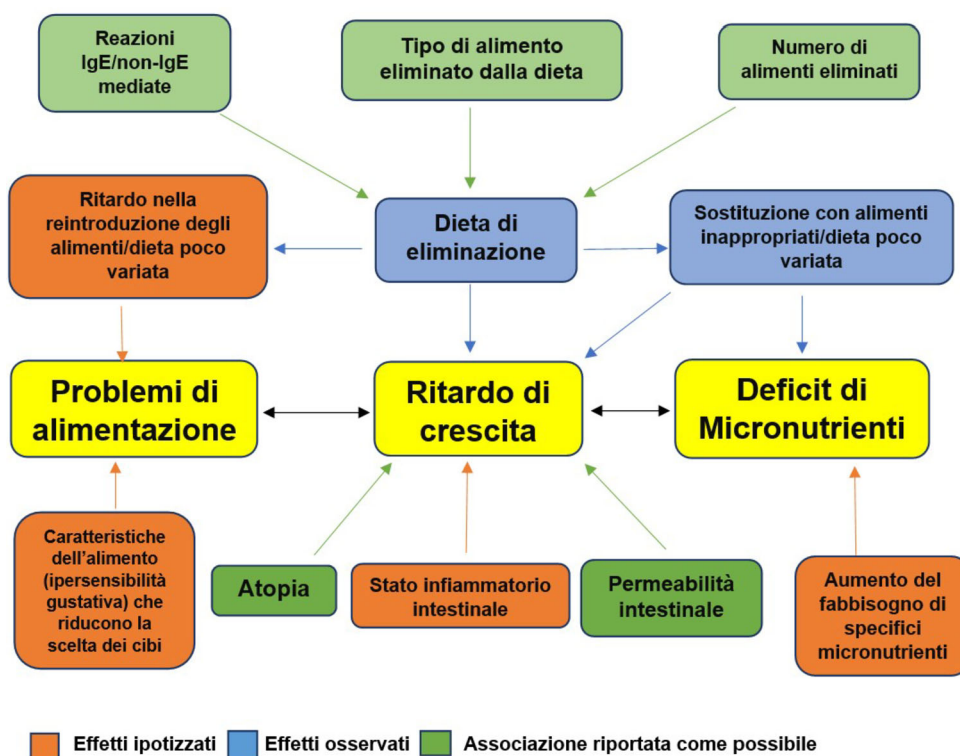
Nelle prime età pediatriche, soprattutto, l'allergia alle proteine del latte vaccino (CMPA) è una condizione con la quale il pediatra si deve spesso confrontare. Si tratta di una reazione di ipersensibilità provocata da specifici meccanismi immunologici al latte vaccino, le cui proteine possono essere direttamente ingerite assumendo latte o formule adattate oppure passate al lattante attraverso il latte materno. Pertanto, sia i lattanti nutriti con latte formulato, sia quelli allattati esclusivamente al seno possono sviluppare CMPA. L'incidenza di tale condizione durante il primo anno di vita è stimata essere dal 2 al 7,5% e rappresenta l'allergia alimentare più comune nei bambini di età inferiore ai 3 anni. I bambini con allergia alle proteine del latte vaccino accertata devono evitare tutti i prodotti lattiero-caseari; deve essere quindi considerata dal pediatra la possibilità che si instauri una carenza nutrizionale e di iodio in particolare.

Uno studio osservazionale norvegese che ha incluso 57 bambini di età inferiore a 2 anni con sospetta allergia alle proteine del latte vaccino (sospetto basato sulla riduzione dei sintomi in seguito all'esclusione delle proteine del latte vaccino dalla dieta) ha dimostrato che i bambini con CMPA che erano allattati al seno avevano un rischio superiore di carenza iodica, con una UIC media di 86 microgrammi/L, e una prevalenza di carenza del 58% rispetto a coloro che erano stati nutriti con una dieta di combinazione (latte materno e formula ipoallergenica, UIC media di 172 microgrammi/L) o dieta svezzata (UIC media di 175 microgrammi/L) [16]. Questo studio è il primo che ha evidenziato un aumento del rischio di sviluppare una carenza di iodio nei bambini con una dieta di eliminazione per CMPA, in particolare se la fonte primaria di nutrienti è il latte materno. Pur considerando alcuni limiti di questo studio e la necessità di ulteriori evidenze scientifiche, resta il messaggio per i pediatri circa l'importanza di considerare i bambini con CMPA potenzialmente a rischio di sviluppare una carenza di iodio. Dovranno pertanto essere particolarmente efficaci, in questi casi, i suggerimenti alimentari e gli interventi dietetici durante l'infanzia, in primis l'ottimizzazione della dieta materna e l'integrazione con iodio verificando altresì il contenuto di questo micronutriente nelle formule ipoallergeniche.

Per quanto riguarda l'alimentazione complementare e quella delle età successive nei bambini affetti da CMPA, l'esclusione dalla dieta di alimenti allergizzanti, ricchi di iodio, deve essere compensata dall'utilizzo, laddove possibile, di sale iodato e, quando questo non possa essere utilizzato, da integratori alimentari con contenuto di iodio adeguato alle diverse fasce di età.

In sintesi, i pediatri che assistano bambini con allergie alimentari, soprattutto multiple, dovrebbero ottenere peso e lunghezza/altezza ad ogni valutazione clinica, effettuare attenta anamnesi alimentare e, laddove si intravedano possibilità di sviluppo di iodocarenza, rivolgersi a un nutrizionista

Fig. 1 Dieta di esclusione: patogenesi e conseguenze di una carenza nutrizionale (da [15])



che valuti la necessità di integrazioni adeguate. Molti paesi hanno sviluppato database nazionali che includono informazioni sul contenuto di iodio di alimenti, bevande, sali e altri componenti alimentari. In Italia, il database consultabile online è quello fornito dalla Banca Dati di Composizione degli Alimenti per Studi Epidemiologici in Italia (BDA) [17].

Per quanto attiene lo sviluppo di carenza iodica in bambini e adolescenti con celiachia o malattie infiammatorie intestinali, i dati in letteratura sono estremamente poveri.

Uno studio che ha valutato lo stato di iodosufficienza e la funzionalità tiroidea in adulti con malassorbimento intestinale non ha riscontrato un basso apporto o una diminuzione dell'escrezione urinaria del minerale, diversamente da quanto inizialmente ipotizzato dagli stessi autori dello studio [18]. Tuttavia, al fine di evitare possibili carenze nutrizionali in condizioni di malassorbimento (malattie infiammatorie intestinali, celiachia non trattata con dieta aglutinata), sarebbe utile un monitoraggio attento con periodica anamnesi alimentare e valutazioni nutrizionali, al fine di sopperire prontamente a un eventuale apporto insufficiente di iodio.

Conclusioni

In conclusione, risulta fondamentale che in tutte le condizioni che prevedano una limitazione e/o l'eliminazione di alcuni alimenti nella dieta, soprattutto nei casi di vera o presunta allergia alimentare, il bambino venga attentamente monitorato dal punto di vista auxologico e nutrizionale, al fine di

riconoscere e trattare tempestivamente i soggetti a rischio per carenze nutrizionali e di iodio in particolare, prevenendo in tal modo le conseguenze patologiche che da queste potrebbero derivare.

Il pediatra dovrà essere particolarmente vigile in caso di bambini e adolescenti che seguono diete con esclusione parziale o totale di alimenti di origine animale. Queste pratiche non devono essere demonizzate a priori, ma è indispensabile la supervisione di un nutrizionista esperto per integrare la dieta con i micronutrienti possibilmente carenti, iodio in primis.

Funding Note Open access funding provided by Università degli Studi di Genova within the CRUI-CARE Agreement.

Conflitto di interesse Gli autori Roberto Gastaldi, Paola Borgia e Mohamad Maghnie dichiarano di non avere conflitti di interesse.

Consenso informato Lo studio presentato in questo articolo non ha richiesto sperimentazione umana.

Studi sugli animali Gli autori di questo articolo non hanno eseguito studi sugli animali.

Nota della casa editrice Springer Nature rimane neutrale in riguardo alle rivendicazioni giurisdizionali nelle mappe pubblicate e nelle affiliazioni istituzionali.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source,

provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Bibliografia

- Olivieri A, Trimarchi F, Vitti P (2020) Global iodine nutrition 2020: Italy is an iodine sufficient country. *J Endocrinol Invest* 43:1671–1672
- Santiago-Fernandez P, Torres-Barahona R, Muela-Martinez JA et al (2004) Intelligence quotient and iodine intake: a cross-sectional study in children. *J Clin Endocrinol Metab* 89:3851–3857
- Andersson M, de Benoist B, Delange F et al (2007) Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public Health Nutr* 10:1606–1611
- Dinu M, Abbate R, Gensini GF et al (2017) Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: a systematic review with meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57:3640–3649
- Müller P (2020) Vegan diet in young children. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* 93:103–110
- Krajcovicová-Kudláčková M, Bucková K, Klimes I, Sebková E (2003) Iodine deficiency in vegetarians and vegans. *Ann Nutr Metab* 47(5):183–185
- Yeliosof O, Silverman LA (2018) Veganism as a cause of iodine deficient hypothyroidism. *J Pediatr Endocrinol Metab* 31(1):91–94
- Shaikh MG, Anderson JM, Hall SK, Jackson MA (2003) Transient neonatal hypothyroidism due to a maternal vegan diet. *J Pediatr Endocrinol Metab* 16(1):111–113
- Baroni L, Goggi S, Battaglino R et al (2018) Vegan nutrition for mothers and children: practical tools for healthcare providers. *Nutrients* 11(1):5
- Meyer R, De Koker C, Dziubak R et al (2014) Dietary elimination of children with food protein induced gastrointestinal allergy - micronutrient adequacy with and without a hypoallergenic formula? *Clin Transl Allergy* 4:31
- Krull F, Ohlendorf K (1993) Hypothyreote Jodmangelstruma bei 2 Geschwistern als Folge einer alternativen Ernährung [Hypothyroid iodine deficiency struma in 2 siblings as a sequela of alternative nutrition]. *Monatsschr Kinderheilkd* 141(6):481–482. German. PMID: 8336743
- van Ree RM, van Mierlo TD, Verburgt W (2012) Iodine deficiency due to an abnormal diet. *Ned Tijdschr Geneesk* 156(21):A4374
- Pacaud D, Van Vliet G, Delvin E et al (1995) A Third World endocrine disease in a 6-year-old North American boy. *J Clin Endocrinol Metab* 80(9):2574–2576
- Leniszewski S, Mauseth R (2009) Goiter and multiple food allergies. *Int J Pediatr Endocrinol* 2009:628034
- Meyer R (2018) Nutritional disorders resulting from food allergy in children. *Pediatr Allergy Immunol* 29(7):689–704
- Thomassen RA, Kvammen JA, Eskerud MB et al (2017) Iodine status and growth in 0–2-year-old infants with cow's milk protein allergy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 64(5):806–811
- European Institute of Oncology (2015) Food composition database for epidemiological studies in Italy (banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in italia—bda). <http://www.bda-ieo.it/wordpress/en/>. Accessed on October 2020
- Navarro AM, Suen VM, Souza IM et al (2005) Patients with severe bowel malabsorption do not have changes in iodine status. *Nutrition* 21(9):895–900
- Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements (1998) Vitamin and mineral requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO expert consultation. Bangkok, Thailand, 21–30 September 1998, p. 306
- World Health Organization (2001) Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. WHO, Geneva