

日本人のビオチン摂取量の推定

梶月(村上) 太郎

Estimation of the dietary intake of biotin in Japan

Taro (MURAKAMI) SATSUKI

I 緒言

ビオチンは水溶性ビタミンの一つであり、糖新生、脂肪酸合成および分岐鎖アミノ酸の代謝などの炭酸固定反応における補酵素として重要な役割を果たしている。このため、ビオチンが欠乏すると代謝の障害が起こり、種々の生理機能が障害を受ける。ビオチン欠乏の症状としては、顔面周囲の皮膚炎、結膜炎、脱毛、皮膚の感染などの形態的な症状や運動失調、緊張低下、ケト乳酸アシドーシス、有機酸尿などが報告されている。健康人は日常の食生活をしていればビオチンの欠乏の可能性は低いが、生の鶏卵を長期摂取した成人で欠乏症が報告されている。また、妊娠期には胎児の発育のためにビオチンの必要量が増加するため、潜在的なビオチンの欠乏症が起こる可能性がある。

日本での食品中のビオチン含量は、2010 年から日本食品標準成分表に収載された。このため、これまで日本人を対象とした食事調査法によるビオチンの摂取量の情報は限られたものであった。このような状況から、本論文では日本人のビオチン摂取量の推定のために、以下の点について検討を行った。まず、集団における平均的な摂取量の推定法であるトータルダイエツ調査法を利用して、大阪市民のビオチンの摂取量を調査した。また、本調査法の分析法に起因する不確かさを評価し、摂取量の信頼区間を推定した。次に、集団におけるビオチンの過不足の評価のため、モンテカルロ法によって日本人のビオチン摂取量の分布を推定した。調査法ごとの比較のため、トータルダイエツ調査法と個々の食品からの食品群別計算法の 2 つのモデルを構築し、各モデルの摂取量の分布を評価した。さらに、ビオチンの効率的な摂取を考慮するうえで必要な食品加工と調理に伴う損失と消化による生体利用効率の影響を評価した。食品加工による損失の影響は、アマランスの種子をモデルとして、加熱による種子の膨化時のビオチンへの影響を評価した。また、鶏卵と鶏卵を含むモデル食品を一般的な調理法によって調理し、調理後の試料から人工消化液によって溶出するビオチンを生体利用可能なビオチンの最大量として評価した。

II トータルダイエツ調査法による
大阪市民のビオチン摂取量の推定

本章では集団における平均的な摂取量の推定法であるトータルダイエツ調査法を応用し、大阪市民のビオチンの摂取量の推定に関する調査を行った。その際、ビオチンの分析法の妥当性を検証し、調査に用いた分析法は日間再現精度、併行再現性、真度について良好な結果を示した。本調査の分析法に起因する信頼区間を求めたところ、大阪市における 1 人 1 日当たりの推定摂取量は 70.1 (95%信頼区間: 58.9-81.3) μg であった。食品群の中では卵類や肉類の摂取による寄与率が高かった。本調査結果は、厚生労働省による日本人の食事摂取基準(2010 年版)の改定の際に参考資料として採用され、成人における目安量は本調査を含めた大阪、東京、兵庫の 3 地域の摂取量をもとに 50 $\mu\text{g}/\text{d}$ に改定された。

III モンテカルロ法による日本人の
ビオチン摂取量の分布の推定

本章では、集団でのビオチンの摂取量の過不足の評価のために、モンテカルロ法によって摂取量の分布の推定を試みた。モンテカルロ法は、乱数によって摂取量などの分布を再現することにより、集団における摂取量の分布をベイズ推定する解析法である。日本におけるビオチンの摂取量の過不足を評価するために、2 種類のモデルを構築した。第 1 のモデルは、我々が 2007 年から 2009 年に実施したトータルダイエツ調査法による食品群ごとのビオチン濃度を用いて推定を行ったものであり、ビオチンの 1 日当たりの推定摂取量の分布は 64.2 (95%信用区間: 40.1-108.2) μg と推定された。第 2 のモデルは、わが国や諸外国において報告されている個々の食品中のビオチン濃度を食品群ごとに分類して推定を行った。各食品群から外れ値を予め除去して推定を試みたところ、ビオチンの 1 日当たりの摂取量の分布は 65.3 (95%信用区間: 34.4-107.6) μg と推定された。両モデルから推定したビオチンの摂取量の分布はほぼ一致し、80%以上の人が目安量 50 $\mu\text{g}/\text{d}$ 以上のビオチンを摂取していると推定された。

IV 食品加工・調理による ビオチンの利用効率の評価

本章では、より妥当性の高いビオチンの摂取量の推定のために、個々の食品中のビオチンの加熱加工による損失の影響を評価した。また、ビオチンの効率的な摂取を考慮するうえで必要な調理に伴う関連要因についても検討を行った。

1) 加熱によるアマランス種子中のビオチンの評価

加熱加工によるビオチンへの影響の評価のために、タンパク質、ビタミン B 群、ミネラルなどの栄養素の含量が高いアマランスの種子をモデルとして、膨化時の加熱による損失の影響を評価した。アマランスの種子は適切な条件で加熱することによって、種子内部の水分蒸発により常圧下で膨化する性質がある。アマランス種子の連続膨化装置により種子を膨化し、膨化前後の種子中のビオチンを含むビタミン B 群含量の変化を評価した。評価の結果、260°C の高温による加熱でも 15 秒までの短時間の場合には、ビオチンの損失は起こらないことが確認された。さらに、加熱時間を短時間に制御することによって、熱に不安定なナイアシン、ビタミン B₆などのビタミンについても加熱による損失を抑えることが可能であった。

2) 鶏卵中のビオチンの生体利用効率の評価

ビオチンの効率的な摂取方法を考察するために、ビオチンの摂取量への寄与が高い鶏卵を対象として、各種調理法によるビオチンの消化液による溶出率を評価した。鶏卵と鶏卵を含むモデル食品を一般的な調理法によって調理し、調理後の試料から人工消化液によって溶出するビオチンを生体利用可能なビオチンの最大量として評価した。その結果、調理法ごとにビオチンの消化液への溶出率は大きく異なり、特に加熱調理前に鶏卵を混合する調理法では消化液への溶出率が低いことが確認された。加熱調理前に鶏卵を混合した場合には、ビオチンは卵白中のアビジンや卵黄中の BBP I、BBP II などのビオチン結合タンパク質と強固に結合するため、消化の過程で分解されず、ビオチンは吸収できないと推定された。このため、ビオチンを効率的に摂取するためには、鶏卵を混合する前に加熱することによって、卵白中のアビジンなどのビオチン結合タンパクを変性させる必要がある。

V 総括

日本人のビオチン摂取量についての調査は、この 10 年間に多く実施され、摂取量の推定のための科学的根拠が蓄積された。日本食品標準成分表 2010 へのビオ

チンの収載によって、特定の集団を対象として摂取量の調査を行える状況が整備されたこともその一因である。

本論文は、国民の健康の保持・増進と生活習慣病の予防を目的として 5 年ごとに厚生労働省が改定している日本人の食事摂取基準に対し、適切な策定根拠を与えることに寄与した。また、摂取量の分布の推定により日本におけるビオチンの摂取量の過不足を評価することに繋がった。さらに、ビオチンの効率的な摂取を考慮するための食品加工・調理に伴う関連要因についても提言を行った。

謝辞 本論文作成にあたり、ご指導いただきました大阪市立大学大学院生活科学研究科 由田克士教授、畿央大学健康科学部健康栄養学科 小西洋太郎教授に心より感謝いたします。論文構成への貴重なご意見をいただきました大阪市立大学大学院生活科学研究科佐伯茂教授、増田俊哉教授に感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、ご協力いただきました共著研究者の大阪市立環境科学研究所 山野哲夫課長、中間昭彦研究主幹、油谷藍子研究員、元大阪市立環境科学研究所森義明課長、滋賀県立大学環境科学部生物資源管理学科 高倉耕一准教授、大阪市立大学大学院工学研究科 伊與田浩志教授、畿央大学健康科学部健康栄養科学科 小西洋太郎教授に深く感謝いたします。

最後に、日常の業務の中でご指導・ご協力を戴いた大阪市立環境科学研究所調査研究課の諸氏に感謝いたします。

(本稿は、著者が大阪市立大学において平成 27 年 12 月 25 日に博士(生活科学)の学位を授与された際の論文の概要であり、その詳細は以下に掲載されている。)

- 1) Murakami T, Yamano T, Nakama A, Mori Y. Estimation of dietary intake of biotin and its measurement uncertainty using total diet samples in Osaka, Japan. *Journal of AOAC International* 2008; **91**: 1402-1408.
- 2) Murakami T, Takakura K, Yamano T. Evaluation of probabilistic distribution of dietary biotin intake in Japan using Monte Carlo simulation. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 2010; **56**: 449-454
- 3) Murakami T, Yutani A, Yamano T, Iyota H, Konishi Y. Effects of popping on nutrient contents of amaranth seed. *Plant Foods for Human Nutrition* 014; **69**: 25-29
- 4) 村上太郎, 山野哲夫. 鶏卵含有食品のビオチンの生体利用効率. *ビタミン* 2012; **86**: 133-140