

食材としてのタマゴはコリン化合物摂取に役立つか？

仙台白百合女子大学人間学部健康栄養学科・教授 大久保 剛

■ 緒 言

コリン化合物は、神経伝達物質であるアセチルコリンの前駆体であり、ヒトの細胞膜の構成成分である。コリンは、このようにヒトにとって重要な物質であるが、体内では肝臓において *de novo* の合成経路で僅かに作られるだけで、その大半は、食事から摂取しなければならない。このため、アメリカなどいくつかの国や地域では、コリンはビタミン様物質として 1 日の摂取目安量(adequate intake : AI)が規定されている¹⁾(アメリカでは成人男性 525mg/ 日、成人女性 425mg/ 日)。一方、日本ではコリン化合物は、2025 年版日本人の食事摂取基準や日本食品標準成分表(八訂)増補 2023 年に収載されていないため、食べ物、栄養素としての認知度は低い状況にある。

特にアメリカでは、コリン化合物摂取の重要性が着目されている。この理由の一つとして、乳幼児の脳の発達にコリンが重要な役割を果たしているため妊婦、授乳婦は積極的にコリン化合物を摂取することが重要²⁾だと認識されているためである。それ故、アメリカでのコリン化合物の AI は、妊婦で 450mg/ 日、授乳婦は 550mg/ 日と成人女性よりも摂取量は多く設定されている¹⁾。

しかし、近年、アメリカでもコリン化合物の摂取量が AI に達成していないため³⁾、もっと積極的に摂取することが叫ばれている。日本でも、我々が大学生の食事を調査した結果、人種、体格の違いはあるが、アメリカの AI と比較して 50 ~ 60% の摂取量であった。日本人はコリン化合物が豊富に含まれている畜肉、乳製品の摂取量が少なく、主食である米にはコリン化合物の含有量が低いため、このような結果になったと推察している。

そこで、本研究では、卵黄中にホスファチジルコリン(脂溶性コリン化合物)が豊富に含まれているタマゴを食べることが、コリン化合物摂取に役立つか検証した。

■ 方 法

【被験者】

心身共に健康な成人(女子大学生)8 名を対象に行った。学内にて被験者の公募を行い、参加希望者を被験者候補者とする。被験者候補者に対してインフォームドコンセントを実施し、了承を得られたヒトを今回の実験の被験者とした。

【実験】

○タマゴの単回摂取による血中のコリン化合物濃度測定

以前の実験結果から、水溶性のコリン化合物グリセロホスホコリンを摂取すると 1 時間後に血中コリン濃度が上昇することが分かっている⁴⁾。このため、前日の 21 時以降飲食を制限した被験者(水、お茶に限り自由飲水)に対して、試験当日 8 時にカロリーの無いゼリー 2 個を摂取させて空腹感を除いた。その後、午前 9 時にタマゴを摂取させ、摂取前、摂取後 30 分、60 分、90 分、120 分、180 分に採血を実施し、速やかに血清を調整し、ディープフリーザーに保管した。被験食は、違う日にちに生卵、ゆで卵を摂取し、2 回試験を行った。血清は、分析実施時に解凍し、コリン化合物をメタノールで抽出し、LC-MS/MS で分析を行うことで、卵摂取時のコリン化合物の経時的血中動態を検証した。

○タマゴの長期摂取による血中のコリン化合物濃度測定

4 週間 1 日 2 個ゆで卵を摂取してもらい、摂取開始当日(この日のタマゴを食べる前)と摂取期間終了翌日に 1 回ずつ採血を行った。採血のタイミングは、正午前後に昼食を取り、夕食前に行った。速やかに血清を調整し、ディープフリーザーに保管した。血清は、分析実施時に解凍し、コリン化合物をメタノールで抽出し、LC-MS/MS で分析を行うことで、血中コリン化合物濃度の変化を検証した。

○ LC-MS/MS によるコリン化合物の分析

今回は、卵黄中に豊富に含まれるホスファチジルコリンを分析した。

HPLC 条件

カラム : CAPCELL PAK C18 ACR、3 μm、1.5mm.D.x100mm(大阪ソーダ製)

流速 : 0.2ml/min、カラム温度 : 30°C、サンプル温度 : 10°C、

サンプル注入量 : 5 μl、

バッファーの組成 : A : 100% アセトニトリル

B : 5mM 酢酸アンモニウム pH4.0

分析時間 : 15min

バッファーのグラジエント条件 :

0 分から 0.5 分 : A.95%、B.5%

0.5 分から 2.5 分 : A.40%、B.60%

2.5 分から 5 分 : A.15%、B.85%

5 分から 8.5 分 : A.5%、B.95%

8.5 分から 13.5 分 : A.5%、B.95%

13.5 分から 13.6 分 : A.95%、B.5%

13.6 分から 15 分 : A.95%、B.5%

○統計処理は、Excel を用いて T 検定を実施した。

■ 結 果

○単回摂取について

生卵、ゆで卵、共に摂取後に血中のホスファチジルコリン濃度の上昇は見られなかった。むしろ、一旦濃度が低下する傾向があり、生卵で摂取 60 分後、ゆで卵で摂取 90 分後に最低値を示した。更にゆで卵の場合、摂取前の濃度に比べて 90 分以降は全て統計的有意差を示し、低値をとった。生卵、ゆで卵で摂取したタマゴの違いに統計的な差異は見られなかった(図 1)。

○長期摂取について

ゆで卵を 1 日あたり 2 個摂取することで、4 週間後では、被験者 7 名中 6 名血中ホスファチジルコリン濃度が上昇し、全被験者の平均値でみると統計的学にみて有意に高値を示した(図 2)。

■ 考 察

以前の実験で水溶性コリン化合物であるグロセロホスホコリンを摂取した場合、摂取後 1 時間で血中のコリン化合物濃度は有意に上昇した⁴⁾。しかし、今回、タマゴを単回摂取した場合。生卵、ゆで卵の形態に依らず血中のコリン化合物濃度は上昇しなかった。むしろ、有意な低下を示した。これは、水溶性物質と脂溶性物質(卵黄に含まれるホスファチジルコリンは脂溶性化合物)の差異によるもので、水溶性物質は門脈を通り直接肝臓に行くが、脂溶性物質はリンパ管を通って肝臓に運ばれるため、吸収までの時間が脂溶性コリン化合物の方が時間を要する可能性が示唆される。また、吸収効率にも差異がある可能性があり、今回は水溶性化合物による先行知見によって採血時間を 180 分までにしたが、もっと摂取後、経時的に長い時間、採血を行い、検証する必要がある。

一方、ゆで卵を長期摂取した場合、血中のコリン化合物濃度は有意に上昇した。採血のタイミングは、食事の影響を受けないように、夕食摂取前に採血を行っている。このことは、コリン摂取不足を解消するのにタマゴの長期間摂取は有用であることが示唆された。

一過的ではなく常に血中コリン濃度を高めておくと、VO_{2max} の低値群は血清ホスファチジルコリン濃度が低いため⁵⁾有酸素運動能力を高めるのに有用な可能性がある。また、ホスファチジルコリンを摂取すると、血漿ホモシスティンが低下(健常男性で RCT を実施)。メチル代謝の面で好影響を示す生理学的アウトカムを得ている⁶⁾。このことから、動脈硬化や血栓症のリスクを低減させる可能性を示唆している。

ただし、今回は検証をしていないが、タマゴを食べるの止めると、血中のホスファチジルコリン濃度が低下(元の状態に戻る)する可能性が高い。従って、適度にタマゴを食べ続けている間は先行知見に見られるようなポジティブな生理的効果が期待される。そして、コリン化合物摂取の観点からタマゴは有用な素材の一つであり、程度に(1 日 2 個程度)食べることは、健康にいい可能性が示唆された。

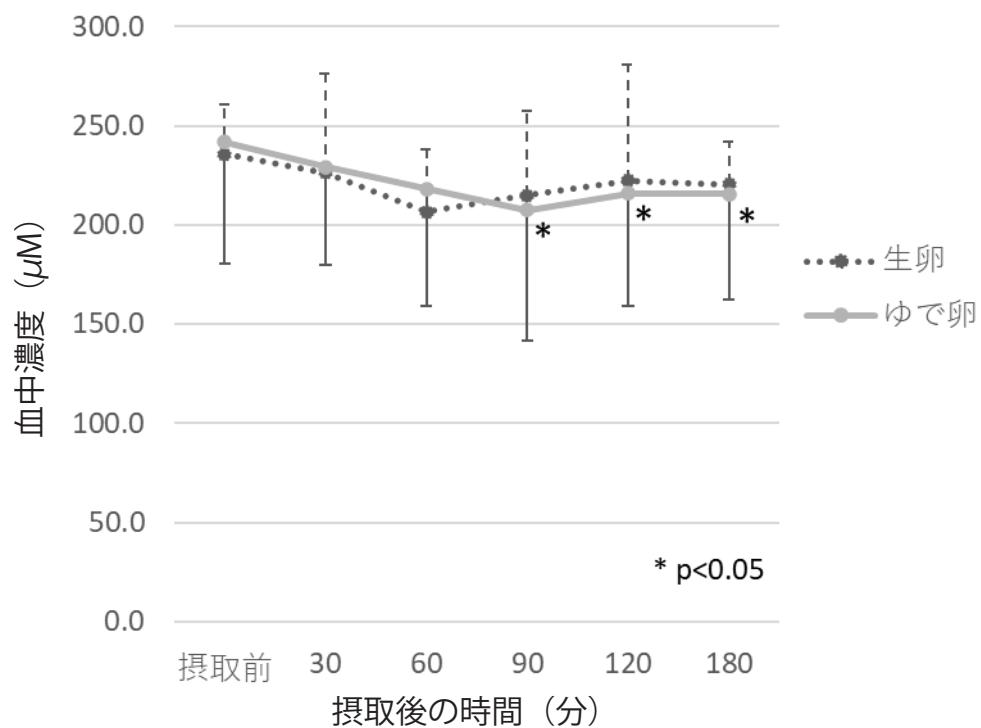
■ 要 約

本研究は、体内合成が乏しく米国では AI(男性 525 mg/日、女性 425 mg/日)が設定される一方、日本では認知度・摂取量が低いコリンについて、卵黄に多く含まれるホスファチジルコリン(PC)の摂取有用性を検証したものである。女子大学生 8 名を対象に生卵およびゆで卵の単回摂取後に経時採血を行い、LC-MS/MS により PC を測定した。さらに女子大学生 7 名に対し、ゆで卵を 1 日 2 個、4 週間継続摂取させた。単回摂取では PC 濃度の上昇は認められず、むしろ 60 ~ 90 分で一過性の低下を示し、ゆで卵では 90 分以降で有意な低下を示した。脂溶性である PC はリンパ経由で吸収されるため吸収発現が遅延する可能性があり、より長時間の追跡が必要と解される。一方、4 週間の継続摂取では 7 名中 6 名で PC が上昇し、群平均も有意に増加した。採血は夕食前に実施し食事影響を抑制していることから、タマゴの継続摂取は血中 PC の底上げに有効であることが示唆された。

結語として、タマゴを適量食べ続けることは、血中のコリン化合物濃度を有意に底上げし、食材としてのタマゴはコリン化合物摂取に役立つことが示唆された。

■ 文 献

- 1) Institute of Medicine(US) Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Folate, Other B Vitamins, and Choline, 1998, Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline, Washington (DC) : National Academies Press(US)
- 2) Steven H Zeisel, Mihai D Niculescu, 2006, Perinatal choline influences brain structure and function, *Nutr Rev.*, 64(4), 197-203.
- 3) Taylor C Wallace, Jan Krzysztof Blusztajn, Marie A Caudill, Kevin C Klatt, Elana Natker , Steven H Zeisel, Kathleen M Zelman, 2018, Choline : The Underconsumed and Underappreciated Essential Nutrient, *Nutr Today*, 53(6) : 240-253.
- 4) Takashi Kawamura, Takeshi Okubo, Koji Sato, Satoshi Fujita, Kazushige Goto, Takafumi Hamaoka, Motoyuki Iemitsu, 2012, Glycerophosphocholine enhances growth hormone secretion and fat oxidation in young adults, *Nutrition*, 28(11-12) : 1122-6.
- 5) Anja Bye, Riyas Vettukattil, Stian T Aspenes, Guro F Giskeødegård, Ingrid S Gribbestad, Ulrik Wisløff, Tone F Bæthen, 2012, Serum levels of choline-containing compounds are associated with aerobic fitness level : the HUNT-study, *PLoS One*, 7(7) : e42330.
- 6) Margreet R Olthof, Elizabeth J Brink, Martijn B Katan, Petra Verhoef, 2005, Choline supplemented as phosphatidylcholine decreases fasting and postmethionine-loading plasma homocysteine concentrations in healthy men, *Am J Clin Nutr.*, 82(1) : 111-7.



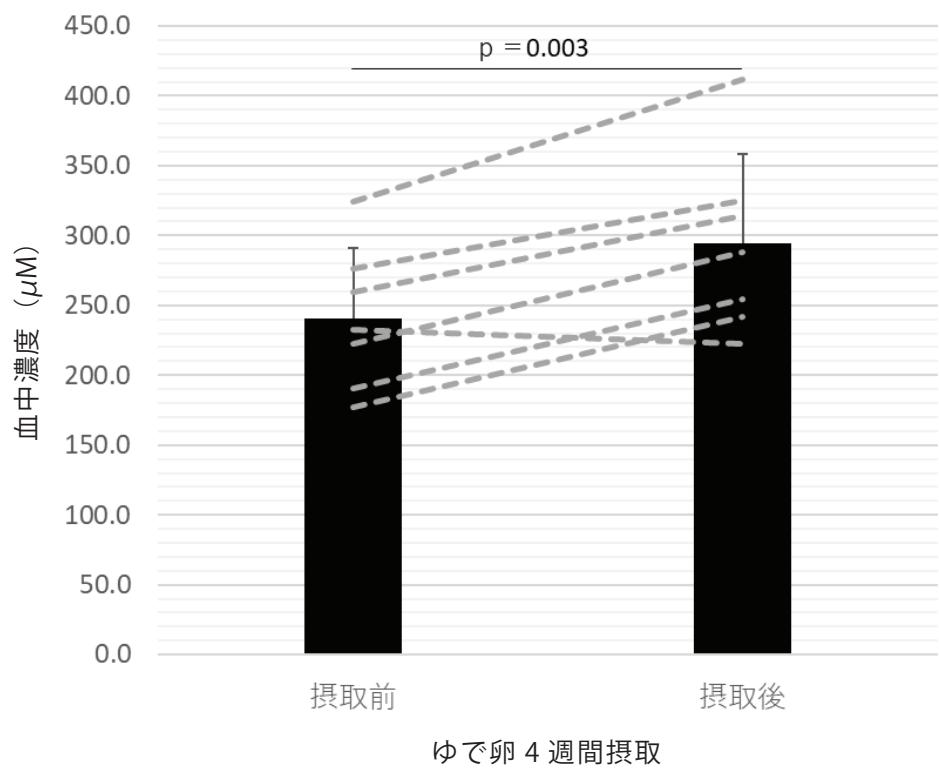


図 2) タマゴの長期摂取による血中ホスファチジルコリン濃度の変化