

## Role, absorption, and transport of calcium in the human body: A review

Nhu B. Ma<sup>1\*</sup>, & Bao C. Vo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Applied Technology, School of Engineering and Technology, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>2</sup>Division of Food Technology, Faculty of Chemical Engineering, Ho Chi Minh University of Technology, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

### ARTICLE INFO

#### Review Paper

Received: March 01, 2022

Revised: August 16, 2022

Accepted: August 24, 2022

#### Keywords

Calbindin-involved pathway

Calcium

Paracellular pathway

Transcaltachia and vascular transport

#### Corresponding authors

Ma Bich Nhu

Email: nhu.mb@vlu.edu.vn

### ABSTRACT

Calcium, which is one of macrominerals with a high percentage in the human body, plays various physiological roles. As a result, it has become a social concern. In this paper, the role of calcium, its regulation in cells and calcium-rich foods were summarized. In human body, calcium absorption occurs throughout the small intestine via 4 predominant pathways including calbindin-involved pathway, paracellular pathway, transcaltachia and vascular transport.

---

**Cited as:** Ma, N. B., & Vo, B. C. (2022). Role, absorption, and transport of calcium in the human body: A review. *The Journal of Agriculture and Development* 21(4), 70-80.

---

## Vai trò của canxi và con đường vận chuyển hấp thu canxi trong cơ thể người

Mã Bích Như<sup>1\*</sup> & Võ Chí Bảo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công Nghệ Ứng Dụng, Trường Công Nghệ Văn Lang, Trường Đại Học Văn Lang, TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Bộ Môn Công Nghệ Thực Phẩm, Khoa Kỹ Thuật Hóa Học, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM, Đại Học Quốc Gia TP. HCM, TP. Hồ Chí Minh

### THÔNG TIN BÀI BÁO

#### Bài báo tổng quan

Ngày nhận: 01/03/2022

Ngày chỉnh sửa: 16/08/2022

Ngày chấp nhận: 24/08/2022

#### Từ khóa

Canxi

Con đường có chất mang calbindin

Con đường có thụ thể  $1,25(\text{OH})_2$  - vitamin D surface receptor (transcaltachia)

Con đường paracellular

#### \*Tác giả liên hệ

Mã Bích Như

Email: nhu.mb@vlu.edu.vn

### TÓM TẮT

Canxi là khoáng đa lượng chiếm tỷ lệ cao trong cơ thể con người. Canxi đóng nhiều vai trò chức năng trong cơ thể. Do đó, canxi đã trở thành mối quan tâm xã hội. Trong bài tổng quan này, chúng tôi giới thiệu về canxi như vai trò, tương tác của canxi xảy ra trong tế bào, giới thiệu về một số loại thực phẩm giàu canxi. Trong cơ thể người, quá trình hấp thu canxi được diễn ra dọc theo chiều dài của ruột non theo bốn con đường chính bao gồm: con đường có chất mang calbindin, con đường paracellular, con đường có thụ thể  $1,25(\text{OH})_2$  - vitamin D surface receptor (transcaltachia) và con đường túi vận chuyển.

## 1. Đặt Vấn Đề

Canxi là nguyên tố thiết yếu cho sinh vật sống, đặc biệt trong sinh lý học tế bào. Canxi có hàm lượng lớn trong cơ thể chiếm 40% tổng khối lượng khoáng, canxi có vai trò quan trọng góp phần hình thành mô cứng như xương và răng. Ngoài ra, canxi còn tham gia vào các hoạt động sinh lý của cơ thể như dẫn truyền xung thần kinh, kiểm soát cơ cơ, duy trì cân bằng pH, điều hòa phản ứng sinh hóa và đông máu (Medeiros & ctv., 2019). Canxi thúc đẩy quá trình hình thành cục máu đông do canxi có khả năng bám vào màng phospholipid các protein đông máu đặc hiệu (Gropper & ctv., 2018).

Quá trình cơ cơ xương xảy ra cần có sự tăng nồng độ canxi nội bào, trạng thái này đạt được nhờ vào mạng lưới cơ tương (nơi lưu trữ Canxi

trong tế bào) giải phóng canxi vào tế bào chất thông qua các kênh vận chuyển canxi. Canxi sau khi giải phóng vào tế bào chất sẽ liên kết với protein troponin C, dẫn đến thay đổi cấu trúc và tương tác của protein này với actin và myosin, kết quả là xảy ra hiện tượng co cơ. Khi màng tế bào tái phân cực, canxi được bơm trở lại vào cisternae (túi màng cong, dẹt) của mạng lưới cơ tương nhờ vào bơm  $\text{Ca}^{2+}$  - ATPase, canxi được lưu trữ dưới dạng phức  $\text{Ca}$ -calsequestrin. Khi đó, sự co cơ không còn nữa do myosin và actin không còn tương tác (Gropper & ctv., 2018).

Tương tác giữa canxi với protein và phospholipid màng ảnh hưởng đến tính thấm, độ cứng, tính lưu động và tính kháng điện của màng tế bào (Gropper & ctv., 2018). Những kênh ion, đặc biệt là kênh ion canxi và natri, tham gia hình thành điện thế hoạt động của tế bào thần kinh.

Chất dẫn truyền thần kinh tương tác với thụ thể trên tế bào thần kinh mở kênh ion, ion canxi hay natri đi vào đuôi tế bào thần kinh và giải phóng acetylcholine (Wan & ctv., 1995). Acetylcholine tiếp tục bám vào thụ thể trên tế bào thần kinh khác và lặp lại quá trình này để dẫn truyền xung thần kinh trong cơ thể (Gropper & ctv., 2018).

Trong nhiều tế bào trong cơ thể, canxi liên kết với calmodulin (một protein liên kết canxi trong tế bào chất) làm thay đổi cấu hình của calmodulin. Kết quả là thay đổi tương tác giữa calmodulin với một số enzyme và hoạt hóa chúng gồm: (i) calcineurin, enzyme phosphatase xúc tác phản ứng dephosphoryl hóa và vô hoạt kênh ion canxi; (ii) myosin light-chain kinase, enzyme xúc tác phản ứng phosphoryl hóa chuỗi nhẹ của myosin, gây nên hiện tượng co cơ trơn; (iii) phosphorylase kinase, enzyme xúc tác phản ứng phân giải glycogen thành glucose-1-phosphate (Gropper & ctv., 2018).

Người thiếu canxi có nguy cơ cao mắc các bệnh như loãng xương, còi xương, cao huyết áp, béo phì hoặc sạn thận (Lee & Song, 2009). Còi xương là kết quả của quá trình khoáng hóa kém hiệu quả ở chất nền xương và sụn đĩa tăng trưởng trước khi đóng đầu xương, dẫn đến xương yếu hoặc bị biến dạng, dễ thấy nhất là chân cong hoặc vòng kiềng ra bên ngoài. Hấp thu không đủ canxi ở người lớn làm giảm hàm lượng canxi trong huyết thanh, dẫn đến tăng parathyroid hormone trong huyết thanh (gọi là cường cận giáp thứ phát). Hậu quả là canxi từ xương đi ra máu để duy trì hàm lượng canxi trong huyết thanh ở mức ổn định. Sau một thời gian, chất nền xương dần mất đi canxi, gây ra chứng loãng xương và nghiêm trọng hơn là bệnh loãng xương, tăng nguy cơ gãy xương (Gropper & ctv., 2018). Ngoài ra, hàm lượng canxi trong huyết thanh thấp cũng dẫn đến tăng lượng vitamin D trong huyết thanh. Vitamin D dư thừa kích thích vận chuyển ion canxi ở tế bào mỡ, do đó hàm lượng canxi trong tế bào mỡ tăng lên, ảnh hưởng đến biểu hiện gen, tăng tổng hợp lipid và hạn chế thủy phân lipid. Kết quả là cơ thể tăng cân hay thậm chí mắc chứng béo phì (Gropper & ctv., 2018). Thực phẩm giàu canxi và các dạng canxi bổ sung được xem là biện pháp hiệu quả để ngăn ngừa các bệnh do thiếu canxi gây ra.

## 2. Thực Phẩm Giàu Canxi

Lượng canxi được khuyến nghị dùng hằng ngày là 1 g/ngày đối với người lớn, lượng Canxi cũng

được khuyến nghị khác nhau giữa các quốc gia (Guéguen & ctv., 2000). Nhu cầu dinh dưỡng canxi được yêu cầu nhiều hơn trong quá trình tăng trưởng và giảm dần theo độ tuổi (Mesias & ctv., 2011). Sự hấp thu canxi giảm dần theo tuổi thọ, đối với nữ giới bắt đầu ở độ tuổi 50 - 60, nam giới 60 - 65 tuổi bởi vì dạ dày hạn chế sản sinh ra axit dịch vị, làm giảm đi sự hòa tan của muối canxi có độ hòa tan thấp trong nước và góp phần hấp thu canxi kém vì canxi đi vào ruột ở dạng kết tủa (Straub, 2007). Tăng cường dinh dưỡng canxi trong thời kỳ mang thai và cho con bú bởi vì quá trình mang thai khiến cơ thể phụ nữ thiếu hụt một lượng canxi rất lớn nếu không bổ sung đầy đủ lượng canxi sẽ ảnh hưởng đến sức khỏe của người mẹ mang thai và thai nhi.

Sữa và các sản phẩm từ sữa được cho là nguồn cung cấp canxi dồi dào nhất cho cơ thể con người. Các sản phẩm có nguồn gốc từ sữa như sữa bò, sữa dê, sữa đậu nành, phô mát, sữa chua. . . Có tới 55% lượng canxi trong chế độ ăn uống có nguồn gốc từ sữa. Ví dụ: mỗi ngày, uống 1 cốc sữa tươi khoảng 230 mL thì cơ thể hấp thu được 276 - 352 mg canxi, tương đương 30 - 35% nhu cầu canxi mỗi ngày. Các sản phẩm có nguồn gốc từ sữa và hàm lượng canxi tương ứng được thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Thực phẩm giàu canxi có nguồn gốc từ sữa\*

| Tên thực phẩm     | Hàm lượng canxi (mg/100 g thực phẩm) |
|-------------------|--------------------------------------|
| Sữa bột tách béo  | 1.400                                |
| Sữa bột toàn phần | 939                                  |
| Phô mát           | 760                                  |
| Sữa đặc có đường  | 307                                  |
| Sữa dê tươi       | 147                                  |
| Sữa chua vớt béo  | 143                                  |
| Sữa bò tươi       | 120                                  |
| Sữa chua          | 120                                  |

\*Nguồn: Từ nghiên cứu (Charles, 1992) và bảng thành phần dinh dưỡng Việt Nam (Nguyen & Ha, 2007).

Bên cạnh sữa tươi từ các loại động vật, thì sữa đậu nành có chứa hàm lượng canxi rất cao. Do protein trong đậu nành có hàm lượng lớn aspartate (Asp) và glutamate (Glu), các protein này liên kết với canxi (Lv & ctv., 2013). Theo kết quả nghiên cứu (Lv & ctv., 2013) sản phẩm thủy phân từ protein đậu nành (SPHs) có thể tạo ra protease M, có thể liên kết với Ca để tạo ra phức hợp SPH

- Canxi hòa tan, đóng vai trò quan trọng thúc đẩy hấp thu canxi. Một số sản phẩm có nguồn gốc từ thực vật như: Các loại rau: rau bina, cải bẹ, củ cải đường, cải thìa, cải xanh có chứa hàm lượng đáng kể canxi. Tuy nhiên, oxalate và phytate được tìm thấy trong thực phẩm này có thể liên kết canxi ở đường tiêu hóa và làm giảm sự hấp thu canxi. Ví dụ: Chỉ có 5% trong số canxi ở rau bina được hấp thụ. Bảng 2 giới thiệu một số loại rau và hàm lượng canxi chứa trong các loại rau tương ứng.

**Bảng 2.** Thực phẩm giàu canxi có nguồn gốc từ thực vật\*

| Tên thực phẩm   | Hàm lượng canxi (mg/100 g thực phẩm) |
|-----------------|--------------------------------------|
| Mè (đen, trắng) | 1.200                                |
| Nấm mèo         | 357                                  |
| Cần tây         | 325                                  |
| Rau răm         | 316                                  |
| Cần ta          | 310                                  |
| Rau dền         | 288                                  |
| Rau bi na       | 245                                  |
| Rau kinh giới   | 246                                  |
| Rau húng        | 202                                  |
| Thìa là         | 200                                  |
| Tía tô          | 190                                  |
| Nấm đông cô     | 184                                  |
| Rau đay         | 182                                  |
| Rau nhút        | 180                                  |
| Rau mồng tơi    | 176                                  |
| Rau thơm        | 170                                  |
| Rau ngót        | 169                                  |
| Đậu nành        | 165                                  |
| Đậu trắng       | 160                                  |
| Ngò             | 133                                  |
| Xương xông      | 112                                  |
| Măng khô        | 100                                  |
| Rau bí          | 100                                  |
| Rau muống       | 100                                  |

\*Nguồn: Từ nghiên cứu (Charles, 1992) và bảng thành phần dinh dưỡng Việt Nam (Nguyen & Ha, 2007).

Hàm lượng Ca có trong thực phẩm có nguồn gốc từ động vật rất cao, các loại thực phẩm có nguồn gốc từ động vật và hàm lượng canxi cung cấp cho từng loại thức phẩm được thể hiện chi tiết ở Bảng 3.

Một số dạng canxi bổ sung phổ biến như phức acid amin-Ca, muối canxi vô cơ (canxi car-

**Bảng 3.** Thực phẩm giàu canxi có nguồn gốc từ động vật\*

| Tên thực phẩm        | Hàm lượng canxi (mg/100 g thực phẩm) |
|----------------------|--------------------------------------|
| Cua đồng             | 5.040                                |
| Rạm tươi (ăn cả vỏ)  | 3.520                                |
| Tép khô (ăn cả vỏ)   | 2.000                                |
| Ốc đá                | 1.660                                |
| Ốc nhồi              | 1.357                                |
| Ốc vặn               | 1.356                                |
| Ốc bươu              | 1.310                                |
| Tôm đồng (ăn cả vỏ)  | 1.120                                |
| Tép gạo (ăn cả vỏ)   | 910                                  |
| Trai                 | 668                                  |
| Mắm tôm loãng        | 645                                  |
| Cá dầu               | 527                                  |
| Tôm khô              | 236                                  |
| Cá mè (ăn cả xương)  | 157                                  |
| Bao tử bò            | 150                                  |
| Lòng đỏ trứng vịt    | 146                                  |
| Hến                  | 144                                  |
| Cua biển             | 141                                  |
| Lòng đỏ trứng gà     | 134                                  |
| Cá khô (ăn cả xương) | 120                                  |
| Hải sâm              | 118                                  |
| Cá trạch             | 108,9                                |

\*Bảng thành phần dinh dưỡng Việt Nam (Nguyen & Ha, 2007).

bonate, canxi phosphate), muối canxi hữu cơ (canxi acetate, canxi citrate, canxi gluconate, canxi lactate) và vỏ hào được sử dụng với kỳ vọng giảm nguy cơ thiếu canxi cho cơ thể con người (Medeiros & ctv., 2019). Khoảng 36 - 42% canxi trong canxi carbonate, dạng canxi bổ sung được dùng phổ biến nhất, được hấp thu bởi cơ thể. Hơn 50% canxi từ những dạng canxi bổ sung này hình thành kết tủa canxi phosphate trong quá trình tiêu hóa, giảm tỷ lệ canxi được cơ thể hấp thu. Những dạng canxi bổ sung này còn có thể gây ra những tác dụng phụ như đầy hơi và chướng bụng (Bronner & ctv., 1999; Wang & ctv., 2018). Đối với canxi bổ sung dạng muối hữu cơ như canxi citrate, canxi acetate, canxi lactate và canxi gluconate, tỷ lệ canxi được hấp thu chỉ khoảng 24 - 36% (Wang & ctv., 2018). Canxi vỏ hào thường ít được sử dụng do chúng chứa kim loại nặng như chì hay cadimi (Medeiros & ctv., 2019).

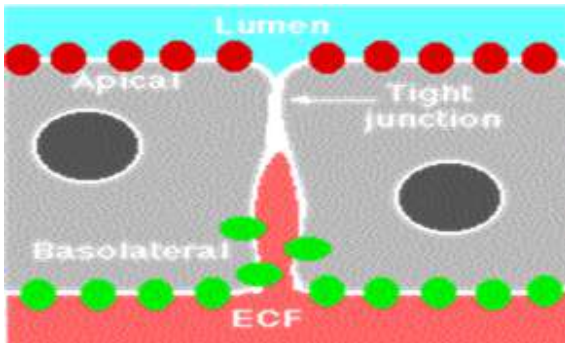
### 3. Hấp Thu Canxi Ở Ruột

Canxi trong thực phẩm hoặc các dạng bổ sung đều dưới dạng các muối không tan. Dưới điều kiện pH acid của dạ dày, canxi được hòa tan từ muối không tan thành dạng ion  $\text{Ca}^{2+}$  trước khi được hấp thu (Gropper & ctv., 2018). Quá trình hấp thu canxi diễn ra dọc theo chiều dài của ruột non theo 4 con đường theo hai cơ chế chính chủ động và bị động bao gồm: con đường có chất mang calbindin, con đường paracellular, con đường có thụ thể  $1,25(\text{OH})_2$  - vitamin D surface receptor (transcaltachia) và con đường túi vận chuyển.

#### 3.1. Cơ chế hấp thu canxi theo cơ chế chủ động

##### 3.1.1. Con đường có chất mang calbindin

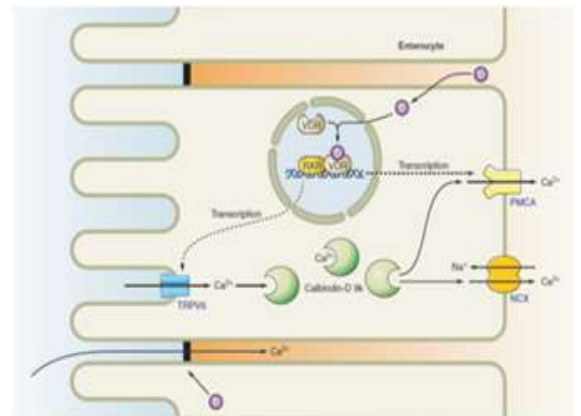
Quá trình vận chuyển theo cơ chế chủ động nhờ protein liên kết với calbindin. Calbindin có mặt dọc theo bề mặt tế bào ruột non, đặc biệt là ở tá tràng và hồi tràng. Khoảng 50 - 60% tổng canxi ăn vào được hấp thu theo con đường này (Gropper & ctv., 2018). Quá trình hấp thu canxi gồm 3 bước: (i) bước 1: canxi được vận chuyển qua màng đỉnh tế bào ruột non (apical membrane, hình 1), (ii) bước 2: canxi được vận chuyển từ màng đỉnh đến màng đáy tế bào ruột non (basolateral membrane, Hình 1), (iii) bước 3: canxi được đi qua màng đáy tế bào ruột non và vào máu (Medeiros & Wildman, 2019).



**Hình 1.** Quá trình vận chuyển canxi ở tế bào niêm mạc ruột non (Medeiros & Wildman, 2019).

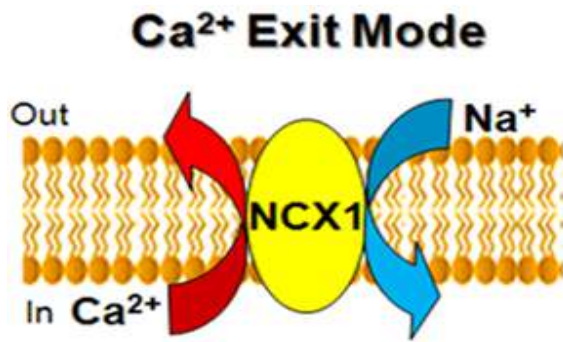
Quá trình hấp thu canxi theo con đường có chất mang calbindin được thể hiện ở Hình 2. Đầu tiên, vitamin D đi vào tế bào niêm mạc ruột non và bám vào thụ thể vitamin D - receptor. Phức Vitamin D - thụ thể di chuyển đến nhân và liên kết vào vùng khởi động của DNA, thúc đẩy quá trình phiên mã protein liên kết canxi (calbindin

D9K) và kênh thụ thể cation điện thế tạm thời (the transient receptor potential cation channel, subfamily V, member 6 (TRPV6), kênh protein ở màng đỉnh tế bào niêm mạc ruột giúp hấp thu  $\text{Ca}^{2+}$ ), (Wiggins & ctv., 2005; Alessandri-Haber & ctv., 2009). Sau khi ion canxi được hấp thu vào tế bào ruột non thông qua kênh TRPV6 sẽ được liên kết với protein calbindin D<sub>9K</sub> (mỗi protein calbindin D9K liên kết với 2 ion Canxi). Điều này giúp kiểm soát nồng độ ion canxi tự do trong tế bào ở mức thấp và giảm tương tác giữa ion canxi với các thành phần có trong tế bào chất. Bên cạnh protein calbindin D9k, một số bào quan như ty thể hay thể Golgi cũng có khả năng liên kết ion canxi và vận chuyển ion này đến màng đáy tế bào niêm mạc ruột. Tại màng đáy tế bào niêm mạc ruột, protein calbindin D9k hay các bào quan sẽ nhả ion Canxi (Zhou & ctv., 2003).

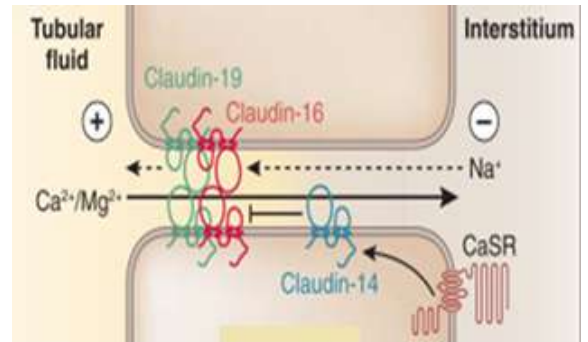


**Hình 2.** Con đường hấp thu canxi có chất mang calbindin (Gropper & ctv., 2018).

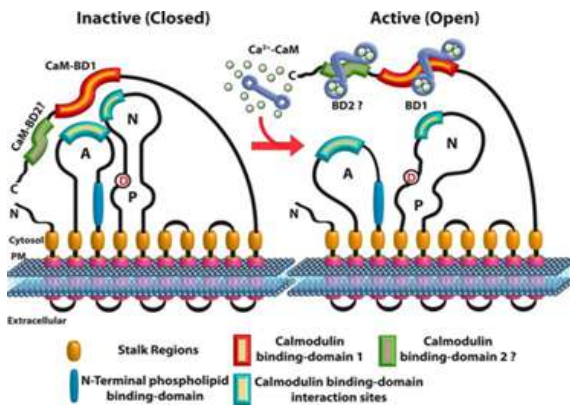
Ion canxi đi vào máu nhờ bơm  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase (plasma membrane  $\text{Ca}^{2+}$  ATPase, PMCA) hoặc kênh trao đổi  $\text{Na}^{+}/\text{Ca}^{2+}$  (NCX1). Kênh NCX1 hoạt động nhờ vào năng lượng tích trữ dưới dạng gradient điện hóa để trao đổi 1 ion  $\text{Ca}^{2+}$  ra khỏi tế bào niêm mạc ruột (Hình 3). Bơm PMCA cũng vận chuyển ion canxi trong tế bào ruột non vào máu với điều kiện có sử dụng năng lượng ATP (Gropper & ctv., 2018). ATP bị thủy phân tạo ra một gốc phosphate, dẫn đến phosphoryl hóa protein calmodulin trong cấu trúc của bơm PMCA. Ion canxi bám vào vị trí phosphoryl hóa của protein calmodulin, kích hoạt bơm PMCA bơm ion canxi ra khỏi tế bào niêm mạc ruột (Hình 4) (Gropper & ctv., 2018).



**Hình 3.** Hoạt động của kênh NCX1 (Gropper & ctv., 2018).



**Hình 5.** Con đường paracellular (Gropper & ctv., 2018).



**Hình 4.** Hoạt động của bơm PMCA (Gropper & ctv., 2018).

**3.2. Cơ chế hấp thu canxi theo cơ chế bị động**

**3.2.1. Con đường túi vận chuyển qua khoảng trống giữa các tế bào**

Phương pháp túi vận chuyển dựa trên vòng lập của những lysosome (túi hình cầu hay hình trứng và có màng bao bọc (màng này có nguồn gốc từ lưới nội bào hoặc bộ máy Golgi) chứa canxi trong tế bào niêm mạc ruột (Hình 6). Phương pháp vận chuyển này xảy ra sau khi canxi được hấp thu thông qua kênh vận chuyển TRPV6 giúp vận chuyển canxi từ màng đỉnh, đi qua màng đáy tế bào niêm mạc ruột và vào máu (Burr & ctv., 2014).

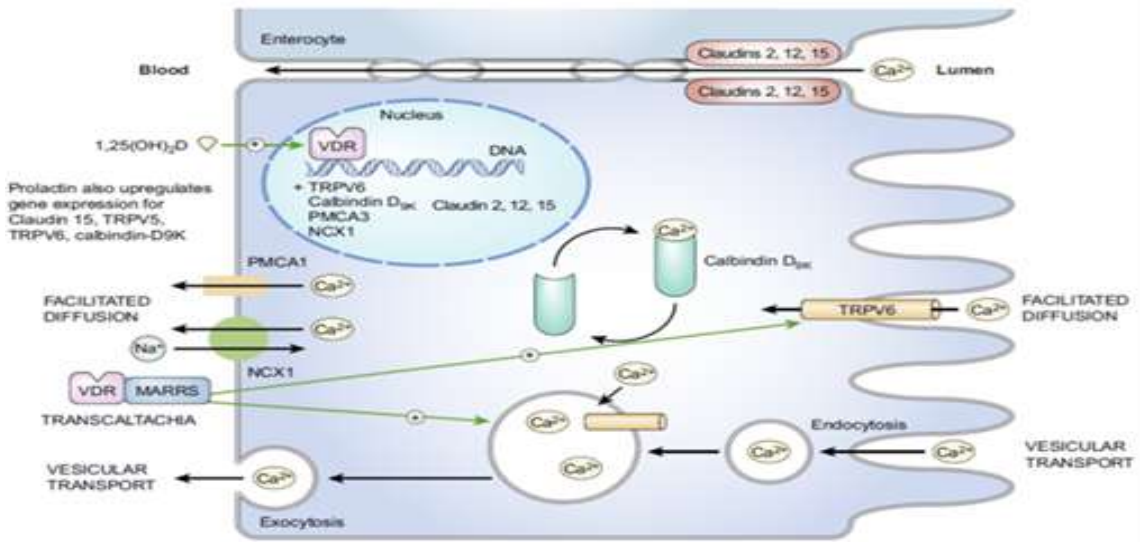
**3.1.2. Con đường paracellular**

Con đường hấp thu này cũng diễn ra khắp chiều dài ruột non, chủ yếu là ở hồi tràng và hồi tràng, phụ thuộc vào nồng độ ion canxi. Trong con đường này, ion canxi di chuyển qua khoảng trống giữa hai tế bào niêm mạc ruột (Hình 5). Hấp thu theo con đường paracellular xảy ra khi nồng độ canxi ở lumen (khoảng trống của ruột) cao, dẫn đến hình thành gradient nồng độ canxi giữa lumen và mặt đáy của tế bào niêm mạc ruột. Sự gia tăng nồng độ của các ion canxi trong tế bào được cho là trung gian của quá trình hấp thu qua con đường paracellular thông qua một loạt các phản ứng và cuối cùng làm tăng tính thấm qua các điểm nối giữa các tế bào để tạo điều kiện hấp thụ canxi. Calcitriol tăng biểu hiện gen mã hóa cho một số protein xuyên màng như claudin, hình thành lỗ chọn lọc tích điện, đẩy mạnh hấp thu theo con đường paracellular của canxi, magie và một số chất tan khác (Gropper & ctv., 2018).

Con đường có thụ thể 1,25(OH)<sub>2</sub>-vitamin D surface receptor (transcaltachia): Transcaltachia (Hình 6) là con đường hấp thu canxi nhanh được thúc đẩy bởi 1,25(OH)<sub>2</sub>D. Transcaltachia đề cập đến tác động nhanh chóng của 1,25 (OH)<sub>2</sub>D trên thụ thể vitamin D3 (VDR) hoặc protein liên kết với steroid phản ứng nhanh (MARRS) liên kết màng ở màng đáy của tế bào niêm mạc ruột, kích hoạt nhanh chóng tăng vận chuyển qua TRPV6 hoặc con đường túi vận chuyển, không phụ thuộc vào phiên mã gen (Kopic & ctv., 2013; Burr & ctv., 2014). Một lượng nhỏ canxi trong thức ăn (khoảng 4 - 10%) được hấp thu ở đại tràng nhờ vào khả năng thủy phân chất xơ như pectin của vi sinh vật đường ruột

**4. Quá Trình Vận Chuyển Canxi Trong Máu**

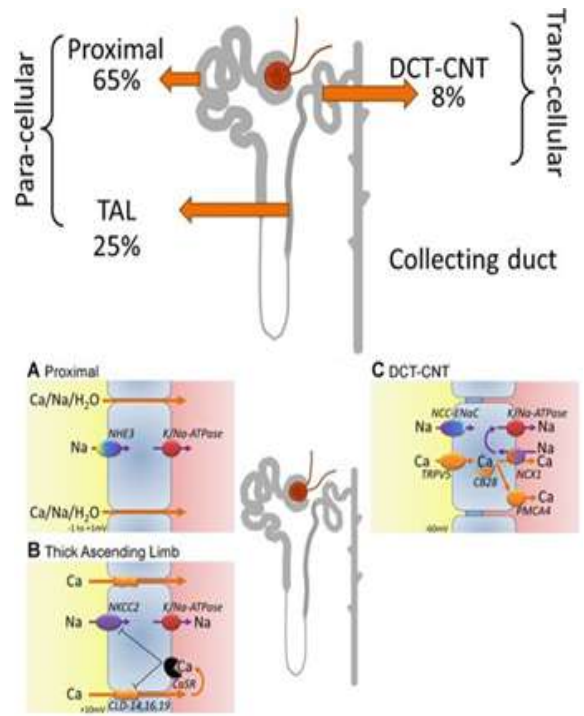
Canxi hấp thu từ thức ăn, khoảng 98% ion canxi lọc ở thận được tái hấp thu vào máu. Trong 98% canxi tái hấp thu, khoảng 70% canxi được hấp thu thụ động trong ống lượn gần, 20% canxi



**Hình 6.** Tổng hợp các con đường hấp thu canxi qua cơ chế bị động (Kopic & ctv., 2013).

được hấp thu trong quai Henle và 8% canxi còn lại được hấp thu ở ống lượn xa (Hình 7). Ở ống lượn gần và quai Henle, canxi được tái hấp thu vào máu qua con đường. Ngoài ra, ở quai Henle còn có thụ thể nhạy canxi, có chức năng tăng nồng độ canxi trong huyết thanh bằng cách kiểm soát các con đường tái hấp thu canxi ở thận, từ đó tái thiết lập trạng thái cân bằng nội môi cho ion canxi trong huyết thanh. Ở ống lượn xa, canxi được hấp thu vào màng đỉnh tế bào thận qua con đường có protein calbindin.

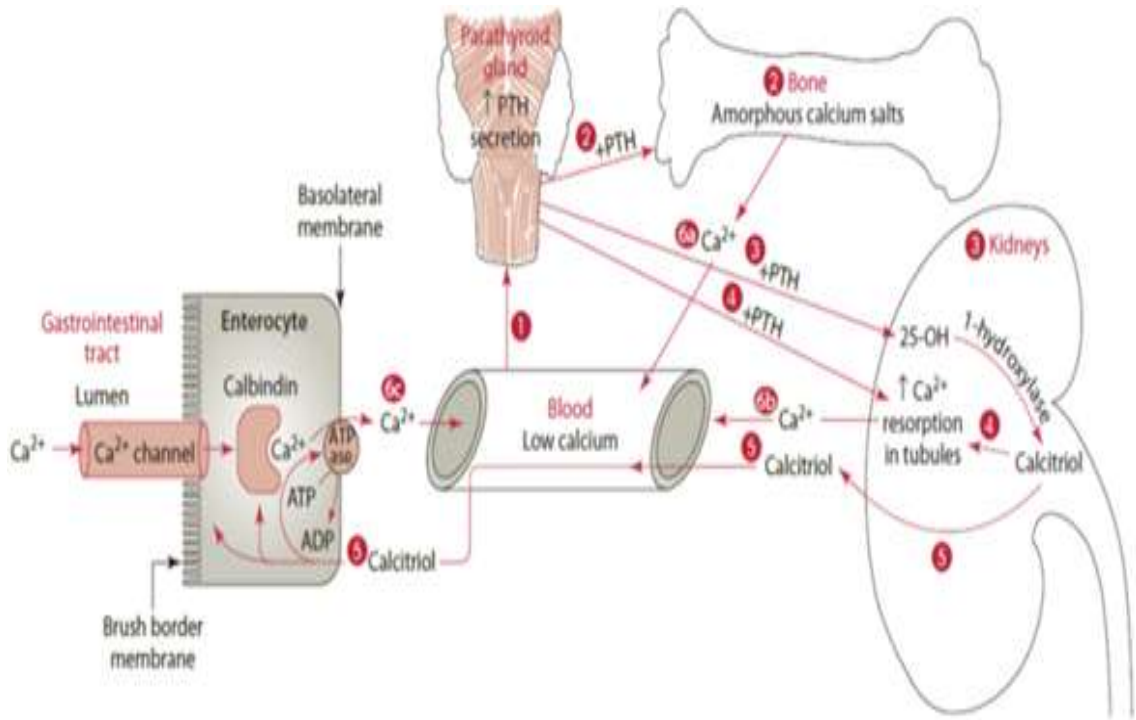
Tổng hàm lượng canxi trong máu khoảng 8,8 - 10,8 mg/100 mL máu. Canxi được vận chuyển trong máu dưới 3 dạng: dạng phức Ca-albumin (chiếm 40%), dạng ion canxi tự do (chiếm 50%), dạng muối sulfate, phosphate hay citrate (chiếm 10%) (Medeiros & ctv., 2019). Khi nồng độ canxi trong máu thấp sẽ chuyển tín hiệu đến tuyến cận giáp để giải phóng hormone parathyroid (PTH) vào máu. Hoóc-môn PTH bám vào tế bào xương, thúc đẩy quá trình phá vỡ khoáng xương để giải phóng canxi vào máu. Hoóc-môn PTH cũng tác động lên thận, tăng tổng hợp dạng hoạt động của vitamin D, calcitriol. Hoóc-môn PTH và calcitriol kích thích quá trình tái hấp thu canxi từ thận. Ngoài ra, calcitriol còn thúc đẩy quá trình hấp thu canxi ở tế bào niêm mạc ruột vào máu (Hình 8). Ngược lại, khi nồng độ canxi trong máu tăng cao, tuyến giáp tham gia điều hòa canxi bằng cách tiết caxitonin có tác động làm giảm sự hấp thu ở ruột, giảm tái hấp thu ở thận và ức chế quá trình hủy xương.



**Hình 7.** Tái hấp thu canxi ở thận (Medeiros & ctv., 2019). Proximal: ống lượn gần, TAL: quai Henle, DCT-CNT: ống lượn xa.

**5. Hấp Thu Canxi Qua Màng Tế Bào**

Cơ chế hoạt động của lộ trình tín hiệu  $Ca^{2+}$  có thể hiểu là sự tăng nồng độ của ion này trong



**Hình 8.** Quá trình kiểm soát nồng độ canxi trong máu (Medeiros & ctv., 2019).

tế bào. Nồng độ  $Ca^{2+}$  thấp khi tế bào ở trạng thái nghỉ (rest). Khi có các chất kích thích bất ngờ xảy ra, nồng độ của nó tăng lên rất nhanh và sinh ra các biến đổi liên quan tới hoạt động của tế bào (Asemi & ctv., 2015). Kênh  $Ca^{2+}$  nhập bào - điều hành quá trình nhập bào của  $Ca^{2+}$  từ ngoại bào. Kênh giải phóng  $Ca^{2+}$  - kiểm soát sự giải phóng  $Ca^{2+}$  từ các bào quan dự trữ trong tế bào. Hệ đệm  $Ca^{2+}$  ( $Ca^{2+}$  buffers) đảm bảo nồng độ  $Ca^{2+}$  được duy trì trong khoảng hoạt động của nó. Ngoài ra, còn có những loại bơm  $Ca^{2+}$  có trách nhiệm đưa  $Ca^{2+}$  ra môi trường ngoại bào hoặc đưa  $Ca^{2+}$  trở lại bào quan dự trữ (ER). Tín hiệu  $Ca^{2+}$  có sự tham gia nhiều phân tử nhạy với sự thay đổi của nồng độ  $Ca^{2+}$  ( $Ca^{2+}$  - sensor) và các chất tác hiệu ( $Ca^{2+}$  - effector), chúng có vai trò dịch tín hiệu  $Ca^{2+}$  thành các hoạt động cụ thể của tế bào.

Canxi đi vào tế bào chất của tế bào từ hai nguồn: (i) nguồn ngoại bào: canxi trong máu đi vào tế bào thông qua các kênh vận chuyển qua màng tế bào như kênh ion cơ học (stretch-activated channels), kênh ion phối tử (ligand-gated channels) hoặc kênh ion điện thế (voltage-dependent slow channels); (ii) nguồn nội bào: Canxi từ các bào quan như mạng lưới nội chất, mạng lưới cơ tương hay ty thể đi vào tế bào chất

nhờ bơm  $Ca^{2+}$  - ATPase hoặc thụ thể ryanodine ở mạng lưới cơ tương trong tế bào cơ xương (Grop-per & ctv., 2018).

### 6. Một Số Yếu Tố Ảnh Hưởng Đến Việc Hấp Thu Canxi Trong Cơ Thể

Vitamin D là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến việc hấp thu canxi, vitamin D giảm theo độ tuổi bởi vì giảm chức năng của thận, đặc biệt là do giảm 1, 25 - dihydroxyvitamin - D, và giảm khả năng tổng hợp vitamin D qua da do giảm tiếp xúc với ánh nắng mặt trời (Charles, 1992). Bên cạnh đó, một số rau củ có chứa oxalate cũng làm giảm khả năng hấp thu canxi vào trong cơ thể. Chế độ ăn giàu chất béo sẽ làm giảm khả năng hấp thu của canxi (Bandali & ctv., 2018). Chất xơ khi tiêu thụ nhiều cũng cản trở khả năng sinh khả dụng của canxi trong cơ thể (Dai & ctv., 2018). Ngoài ra, liều lượng lớn vitamin A có thể gây ra rối loạn chuyển hóa canxi. Caffeine và rượu làm tăng bài tiết canxi qua nước tiểu ảnh hưởng đến chuyển hóa canxi và vitamin D (Xu & ctv., 2019). Một số nghiên cứu cho thấy rằng sắt có thể cản trở sự hấp thụ canxi (Lertsuwan & ctv., 2018). Hơn nữa, chế độ ăn uống thực phẩm giàu protein và natri cũng tăng khả năng đào thải canxi qua



nước tiểu (Koutsofta & ctv., 2019).

## 7. Đánh Giá Tình Trạng Canxi Trong Cơ Thể

Tăng canxi máu là nồng độ canxi huyết thanh > 10,4 mg/dL (> 2,6 mmol/L) hoặc canxi ion hóa huyết thanh > 5,2 mg/dL (> 1,3 mmol/L). Các nguyên nhân chính dẫn đến tăng canxi bao gồm cường tuyến cận giáp, ngộ độc vitamin D, ung thư. Ngược lại, hạ canxi máu là nồng độ calci huyết thanh < 8,8 mg/dL (< 2,2 mmol/L) trong khi nồng độ protein huyết tương bình thường hoặc nồng độ canxi ion hóa trong huyết thanh < 4,8 mg/dL (< 1,17 mmol/L) (Lee & Song, 2009). Nguyên nhân dẫn đến hạ canxi bao gồm: suy cận giáp, thiếu vitamin D và bệnh thận. Bên cạnh đó, phần lớn canxi được tìm thấy trong xương do đó đánh giá tình trạng canxi trong cơ thể cũng đánh giá nguy cơ loãng xương (hiện tượng xương mỏng dần và mật độ các dưỡng chất trong xương ngày càng thưa dần, khiến xương giòn hơn, dễ tổn thương và gãy dù chấn thương nhẹ) (Lee & Song., 2009). Loãng xương là căn bệnh về xương khớp khá nguy hiểm, vì thế việc đo mật độ xương là cách tốt nhất để phát hiện căn bệnh này để điều trị sớm. Do đó, đánh giá tình trạng Canxi trong cơ thể là cấp thiết. Không có phương pháp sinh hóa thông thường nào để đánh giá trực tiếp tình trạng canxi trong cơ thể. Xét nghiệm canxi máu là phương pháp dùng để đánh giá tổng lượng canxi trong máu của người bệnh. Nồng độ canxi trong huyết thanh bất thường, có thể xảy ra với nhiều bệnh khác nhau, đặc biệt là suy thận và ung thư và thứ phát do thay đổi nồng độ protein trong máu (albumin) và pH. Như vậy, khi đánh giá canxi trong huyết thanh là phải kiểm tra nồng độ albumin huyết thanh, tỷ lệ liên kết giữa canxi và canxi ion hóa không đổi. Tuy nhiên, khi nồng độ albumin huyết thanh bị giảm cần phải có hiệu chỉnh để mức giảm được tương ứng. Ví dụ 1 g/dL albumin huyết thanh giảm thì tổng canxi trong huyết thanh sẽ giảm 0,8 mg/dL. Phương trình sau đây được sử dụng để ước tính canxi gắn với protein (Laakso & ctv., 2001; Hoenderop & ctv., 2005).

Protein gắn với canxi (mg/dL) =  $0,44 + [0,76 \times \text{albumin (g/dL)}]$

Total serum canxi (mg/dL) =  $[0,8 \times (\text{normal albumin} - \text{actual albumin})] + \text{canxi đo được (mg/dL)}$ .

Ngoài ra, khi pH trong máu tăng, canxi gắn

với protein tăng lên và canxi ion hóa trong máu giảm. Ngược lại, với môi trường axit hoặc pH trong máu thấp hơn, canxi ion hóa huyết thanh tăng và canxi gắn với protein giảm.

Bởi vì phần lớn canxi được tìm thấy trong xương, thông thường để đánh giá mật độ khoáng của xương đặc biệt đối với những người có nguy cơ bị loãng xương, đánh giá xương bằng một số phương pháp như đo hấp thụ tia X năng lượng (được gọi là DEXA hoặc DXA) (Chan, 1992). Phương pháp này dùng tia X để đo hàm lượng canxi và khoáng chất khác có trong xương; thường được đo ở cột sống, hông và cổ tay. Mật độ xương càng cao thì xương càng chắc khỏe và nguy cơ gãy xương càng thấp. Ngược lại, nếu mật độ xương thấp hơn bình thường so với độ tuổi, điều đó cho thấy nguy cơ loãng xương và gãy xương đang đe dọa. Loãng xương gây mất dần xương hay thay đổi cấu trúc khiến xương trở nên mỏng, yếu và dễ bị gãy hơn. Ngoài ra, mật độ xương cũng được đánh giá qua phương pháp thông qua máy tính chụp cắt lớp (CT scan) đo sự khác biệt trong mô và tỉ trọng. Các xung bức xạ được phát ra, thu thập và xử lý để dựng ảnh và tính toán mật độ xương. Tuy nhiên, phương pháp này kém chính xác hơn DEXA.

## 8. Kết Luận

Canxi có trong thực phẩm và thực phẩm chức năng bổ sung dưới dạng muối tương đối không hòa tan. Mật khoáng một giờ nhờ axit dạ dày tiết ra canxi được hòa tan và tồn tại dưới dạng canxi tự do. Sự hòa tan này giúp cho canxi được hấp thu tốt hơn vì canxi tự do có thể liên kết với các thành phần khác trong chế độ ăn uống khác nhau. Sự hấp thu canxi xảy ra ở ruột non qua các cơ chế như bão hòa, qua trung gian chất mang, hoạt động, vận chuyển qua màng tế bào. Hệ thống vận chuyển canxi chính qua màng tế bào hoạt động chủ yếu ở tá tràng và gần hồi tràng, cần năng lượng được điều chỉnh bởi calcitriol (dạng hoạt động của vitamin D). Canxi đóng nhiều vai trò trong cơ thể do đó thiếu hay thừa canxi sẽ dẫn đến một số loại bệnh hiểm nghèo. Canxi bổ sung dưới dạng canxi phosphate được sử dụng rộng rãi như là thực phẩm bổ sung hiện nay, tuy nhiên canxi phosphate ảnh hưởng đến quá trình tiêu hóa. Do đó, kiến nghị có thể có thêm một số nghiên cứu sâu hơn về một số nguồn canxi hữu cơ trong thực phẩm.

## Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

## Lời Cảm Ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Tập đoàn Vin-group – Công ty CP và hỗ trợ bởi Chương trình học bổng thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn, mã số [VINIF.202. TS 130].

Tác giả gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Văn Lang đã cung cấp ngân sách cho nghiên cứu này.

## Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Alessandri-Haber, N., Dina, O. A., Chen, X., & Levine, J. D. (2009). TRPC1 and TRPC6 channels cooperate with TRPV4 to mediate mechanical hyperalgesia and nociceptor sensitization. *Journal of Neuroscience* 29(19), 6217-6228. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0893-09.2009>.
- Asemi, Z., Saneei, P., Sabihi, S. S., Feizi, A., & Esmailzadeh, A. (2015). Total, dietary, and supplemental calcium intake and mortality from all-causes, cardiovascular disease, and cancer: a meta-analysis of observational studies. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 25(7), 623-634. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.03.008>.
- Bandali, E., Wang, Y., Lan, Y., Rogers, M. A., & Shapses, S. A. (2018). The influence of dietary fat and intestinal pH on calcium bioaccessibility: an *in vitro* study. *Food & Function* 9(3), 1809-1815. <https://doi.org/10.1039/C7FO01631J>.
- Bronner, F., & Pansu, D. (1999). Nutritional aspects of calcium absorption. *The Journal of Nutrition* 129(1), 9-12. <https://doi.org/10.1093/jn/129.1.9>.
- Burr, D. B., & Allen, M. R. (2014). *Basic and applied bone biology*. New York, USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05817-9>.
- Chan, G. M. (1992). Performance of dual-energy X-ray absorptiometry in evaluating bone, lean body mass, and fat in pediatric subjects. *Journal of Bone and Mineral Research* 7(4), 369-374. <https://doi.org/10.1002/JBMR.5650070403>.
- Charles, P. (1992). Calcium absorption and calcium bioavailability. *Journal of Internal Medicine* 231(2), 161-168. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.1992.tb00519.x>.
- Dai, Z., Zhang, Y., Lu, N., Felson, D. T., Kiel, D. P., & Sahni, S. (2018). Association between dietary fiber intake and bone loss in the Framingham Offspring Study. *Journal of Bone and Mineral Research* 33(2), 241-249. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3308>.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). *Advanced nutrition and human metabolism* (7<sup>th</sup> ed.). Massachusetts, USA: Cengage Learning.
- Guéguen, L., & Pointillart, A. (2000). The bioavailability of dietary calcium. *Journal of the American College of Nutrition* 19(2), 119S-136S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718083>.
- Hoenderop, J. G. J., Nilius, B., & Bindels, R. J. M. (2005). Calcium absorption across epithelia. *Physiological Reviews* 85(1), 373-422. <https://doi.org/10.1152/physrev.00003.2004>.
- Kopic, S., & Geibel, J. P. (2013). Gastric acid, calcium absorption, and their impact on bone health. *Physiological Reviews* 93(1), 189-268. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2012>.
- Koutsofta, I., Mamais, I., & Chrysostomou, S. (2019). The effect of protein diets in postmenopausal women with osteoporosis: systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Women & Aging* 31(2), 117-139. <https://doi.org/10.1080/08952841.2018.1418822>.
- Laakso, J., Kulvik, M., Ruokonen, I., Vahatalo, J., Zilliacus, R., Farkkila, M., & Kallio, M. (2001). Atomic emission method for total boron in blood during neutron-capture therapy. *Clinical Chemistry* 47(10), 1796-1803. <https://doi.org/10.1093/clinchem/47.10.1796>.
- Lee, S. H., & Song, K. B. (2009). Isolation of a calcium-binding peptide from enzymatic hydrolysates of porcine blood plasma protein. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 52, 290-294. <https://doi.org/10.3839/jksabc.2009.051>.
- Lertsuwan, K., Wongdee, K., Teerapornpantakit, J., & Charoenphandhu, N. (2018). Intestinal calcium transport and its regulation in thalassemia: interaction between calcium and iron metabolism. *The Journal of Physiological Sciences* 68, 221-232. <https://doi.org/10.1007/s12576-018-0600-1>.
- Lv, Y., Bao, X., Liu, H., Ren, J., & Guo, S. (2013). Purification and characterization of calcium-binding soybean protein hydrolysates by Ca<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> immobilized metal affinity chromatography (IMAC). *Food Chemistry* 141(3), 1645-1650. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.113>.
- Medeiros, D. M., & Wildman, R. E. C. (2019). *Advanced human nutrition* (4<sup>th</sup> ed.). Vermont, USA: Jones & Bartlett Learning.
- Mesías, M., Seiquer, I., & Navarro, M. P. (2011). Calcium nutrition in adolescence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(3), 195-209. <https://doi.org/10.1080/10408390903502872>.
- Nguyen, K. C., & Ha, D. T. A. (2007). *Vietnamese food composition table*. Ha Noi, Vietnam: Medical Publishing House.
- Straub, D. A. (2007). Calcium supplementation in clinical practice: a review of forms, doses, and indications. *Nutrition in Clinical Practice* 22(3), 286-296. <https://doi.org/10.1177/0115426507022003286>.

- Wan, X., Harris, J. A., & Morris, C. E. (1995). Responses of neurons to extreme osmomechanical stress. *The Journal of Membrane Biology* 145(1), 21-31. <https://doi.org/10.1007/BF00233304>.
- Wang, L., Ding, Y., Zhang, X., Li, Y., Wang, R., Luo, X., Li, X., Li, J., & Chen, Z. (2018). Isolation of a novel calcium-binding peptide from wheat germ protein hydrolysates and the prediction for its mechanism of combination. *Food Chemistry* 239, 416-426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.090>.
- Wiggins, P., & Phillips, R. (2005). Membrane-protein interactions in mechanosensitive channels. *Biophysical Journal* 88(2), 880-902. <https://doi.org/10.1529/biophysj.104.047431>.
- Xu, H., Liu, T., Hu, L., Li, J., Gan, C., Xu, J., Chen, F., Xiang, Z., Wang, X., & Sheng, J. (2019). Effect of caffeine on ovariectomy-induced osteoporosis in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 112, 108650. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108650>.
- Zhou, X. L., Batiza, A. F., Loukin, S. H., Palmer, C. P., Kung, C., & Saimi, Y. (2003). The transient receptor potential channel on the yeast vacuole is mechanosensitive. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(12), 7105-7110. <https://doi.org/10.1073/pnas.1230540100>.