



リポソーム亜鉛 (グルコン酸亜鉛)

亜鉛

亜鉛はヒトにとって必須の微量栄養素であり、代謝の触媒機能、構造機能、調節機能の維持に関与しています。亜鉛欠乏は、発育不全、発達遅延、免疫機能障害と関連していることが知られています。[1]

亜鉛は必須微量栄養素であり、その欠乏症はおそらく世界中で最も蔓延しているにもかかわらず、最も理解されていないものです。自然界にほぼ普遍的に存在する必須微量栄養素である亜鉛は、生命のあらゆる側面に必要とされています。推定される亜鉛タンパク質結合ドメインの定量に基づく、ヒトタンパク質の10分の1が構造要素として、または酵素の活性部位として亜鉛を必要とすると推定されています。[2]

亜鉛は体内で最も重要な微量元素の一つであり、微生物、植物、動物の成長と発達に不可欠です。亜鉛は体全体の組織と分泌物に比較的高濃度で存在し、全身の亜鉛の85%は筋肉と骨に、11%は皮膚と肝臓に、残りはその他の組織に存在し、前立腺と眼球の各部位に最も高濃度で存在します。成人の体内の亜鉛の平均量は約1.4~2.3gです。[3]

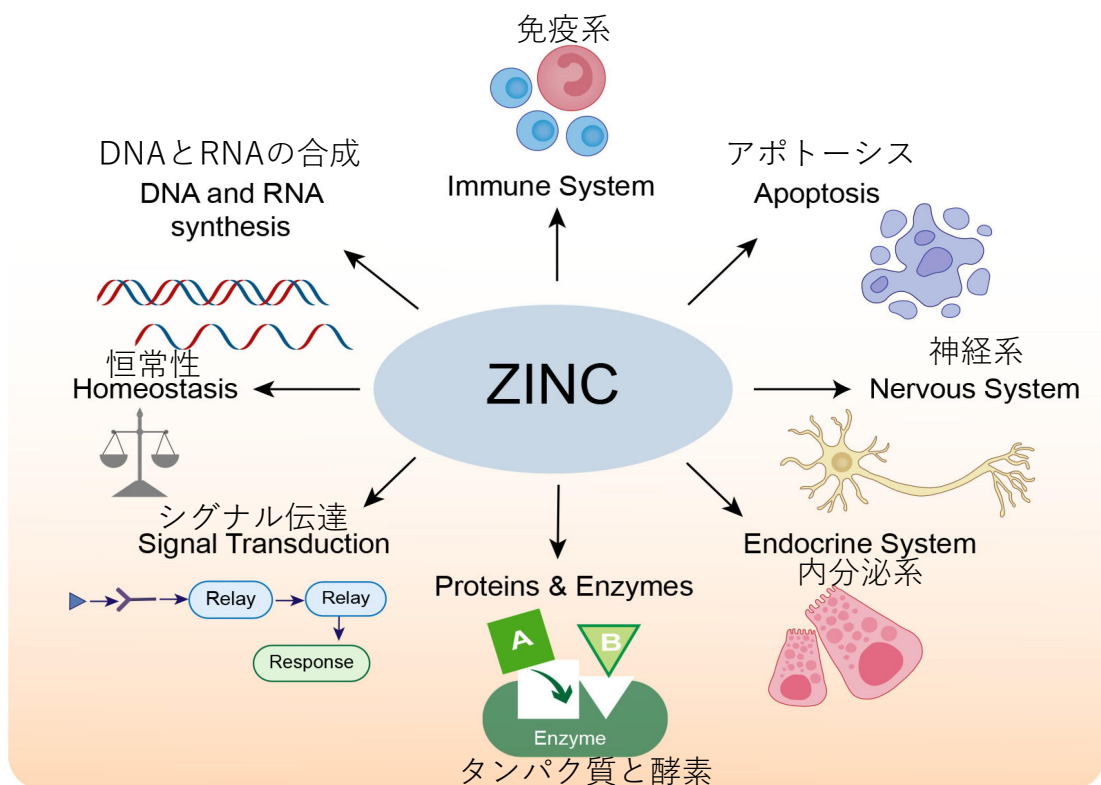


図1. 亜鉛の生理学的役割[4]



亜鉛は人間の健康にとって非常に重要な元素であり、たとえわずかな欠乏であっても深刻な事態を招きます。亜鉛が不足すると、食欲不振、嗅覚・味覚障害などの症状が現れるほか、免疫系にも影響を与え、動脈硬化や貧血を引き起こす可能性があります。亜鉛欠乏症は、血小板凝集不全による止血障害、T細胞数の減少、そしてTリンパ球のファイトマイトジェンに対する反応低下を引き起こします。実際、亜鉛は天然に存在する唯一のリンパ球マイトジェンです（リンパ球マイトジェンとは、特定の抗原に対する感作を事前に受けることなく、リンパ球（白血球の一種）の増殖または分裂を促す物質です）。^[3]

亜鉛は哺乳類の生殖の様々な側面に影響を及ぼします。亜鉛欠乏症の雄では、精巣機能障害、精子形成障害、そしてそれに伴う精液パラメータの低下が認められます。^[5]

ある研究では、性経験のある成熟雄ラットの3つのサブセット（各サブセット8匹）に、硫酸亜鉛を3種類の異なる用量（それぞれ1日1mg、5mg、10mg）で2週間経口投与しました。亜鉛を投与しない8匹のサブセットは対照群として使用しました。性行動は、受容性のある雌ラットと同じケージに個別に配置することで観察されました。

亜鉛療法（1日5mg）は、雄ラットの興奮性や意欲を阻害することなく、陰茎の突き上げ感を増強し、射精潜時を延長させることで性的能力を向上させます。亜鉛補給によって観察されるテストステロン値の上昇は、この点において有益です。^[5]

別の研究では、「今回の研究結果は、亜鉛がHAART治療を受けたラットにおいて、陰茎の酸化還元バランスを維持することで勃起促進酵素を活性化し、性機能と勃起機能を改善することを示している」と結論付けられました。^[6]

（HAART：高活性抗レトロウイルス療法は、HIVの併用療法であり、陰茎の酸化還元バランスの乱れにより性機能と陰茎勃起を阻害することが示されています。）



リポソーム

リン脂質が水中に分散すると、リン脂質二重膜によって囲まれた内部の水性環境を持つ閉鎖構造を自発的に形成します。この小胞システムはリポソームと呼ばれます。[7]

リポソーム膜は、リン脂質二重層からなる細胞膜に類似しています。リン脂質は、親水性のホスファチジル基と疎水性の脂肪酸末端を有する両親媒性分子構造のため、水性媒体と水和すると自発的に小胞を形成します。[8]

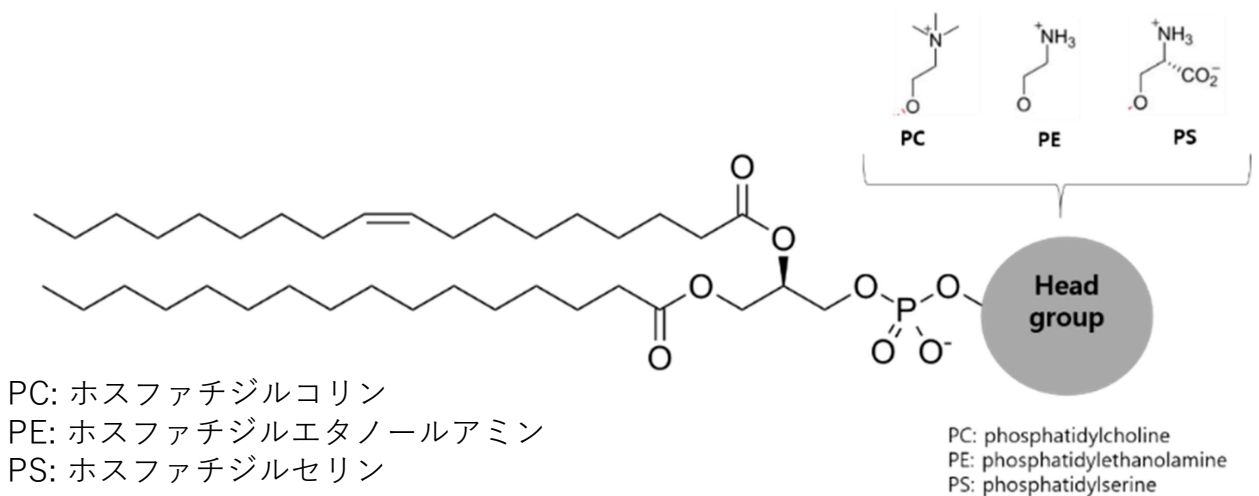


図2. リン脂質の構造[8]

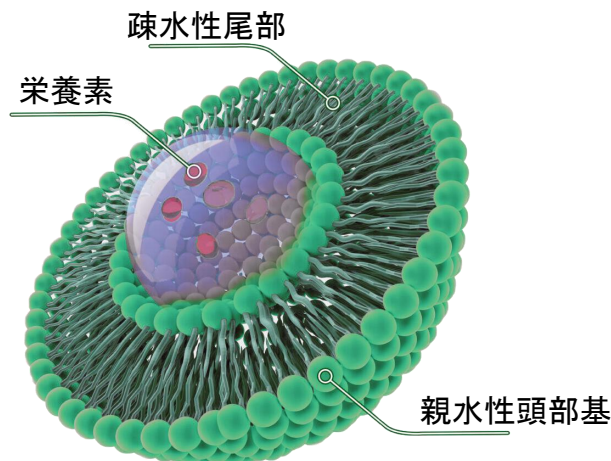


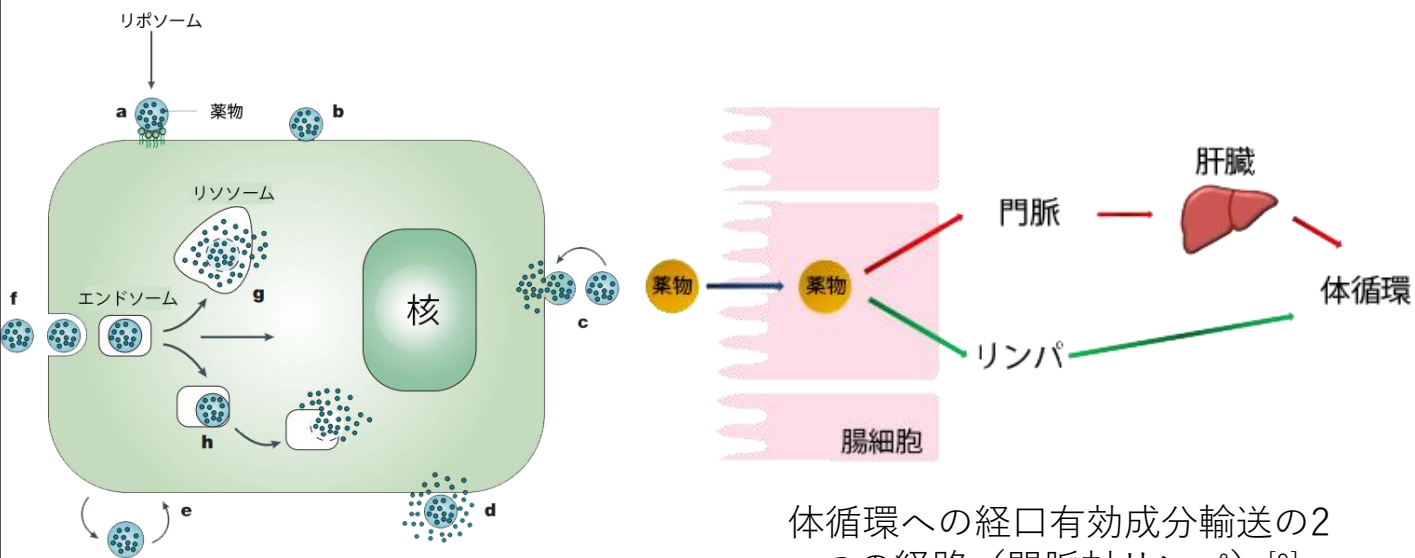
図3. リポソームの構造

リポソーム送達

有効成分は門脈またはリンパ系を介して全身循環に輸送されます。長鎖脂質カプセルを1個投与するだけで、有効成分のリンパ輸送が著しく促進されます。

したがって、カイロミクロンの増加により、有効成分は外因性脂質とともに、より効率的に腸管リンパ系に送達されます。[9]

リポソームは、最大8つの異なるパターンを通じて有効成分を細胞に送達します。[10]



体循環への経口有効成分輸送の2つの経路（門脈対リンパ）[9]

図4. リポソームと細胞間の相互作用 [10]

亜鉛のリポソームカプセル化のメリット

- ✓ カプセル化により、亜鉛は消化による分解から保護され、そのまま吸収部位に到達します。
- ✓ リポソームは、従来の投与方法と比較して、より高い亜鉛吸収率を実現します。
- ✓ リポソーム亜鉛は、マイルドな処方で、サプリメント摂取時の胃への刺激を最小限に抑えます。



参考文献

1. Bel-Serrat S, Stammers AL, Warthon-Medina M, Moran VH, Iglesia-Altaba I, Hermoso M, Moreno LA, Lowe NM; EURRECA Network. Factors that affect zinc bioavailability and losses in adult and elderly populations. *Nutr Rev.* 2014 May;72(5):334-52. doi: 10.1111/nure.12105. Epub 2014 Apr 16. PMID: 24739133.
2. Hall, A.G.; King, J.C. The Molecular Basis for Zinc Bioavailability. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 6561. <https://doi.org/10.3390/ijms24076561>
3. Chasapis CT, Loutsidou AC, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. Zinc and human health: an update. *Arch Toxicol.* 2012 Apr;86(4):521-34. doi: 10.1007/s00204-011-0775-1. Epub 2011 Nov 10. PMID: 22071549.
4. Li, Z.; Liu, Y.; Wei, R.; Yong, V.W.; Xue, M. The Important Role of Zinc in Neurological Diseases. *Biomolecules* 2023, 13, 28. <https://doi.org/10.3390/biom13010028>
5. Dissanayake, DMAB; Wijesinghe, PS; Ratnasooriya, WD1; Wimalasena, S2. Effects of zinc supplementation on sexual behavior of male rats. *Journal of Human Reproductive Sciences* 2(2):p 57-61, Jul–Dec 2009. | DOI: 10.4103/0974-1208.57223
6. Akhigbe, R. E., Hamed, M. A., Odetayo, A. F., Akhigbe, T. M., & Oyedokun, P. A. (2023). Zinc improves sexual and erectile function in HAART-treated rats via the upregulation of erectogenic enzymes and maintenance of redox balance. *The Aging Male*, 26(1). <https://doi.org/10.1080/13685538.2023.2205517>
7. Samad, Abdus & Sultana, Yasmin & Aqil, Mohd. (2007). Liposomal Drug Delivery Systems: An Update Review. *Current drug delivery.* 4. 297-305. 10.2174/156720107782151269.
8. Lee, M.-K. Liposomes for Enhanced Bioavailability of Water-Insoluble Drugs: In Vivo Evidence and Recent Approaches. *Pharmaceutics* 2020, 12, 264. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12030264>
9. Ahn, Hyeji; Park, Ji-Ho (2016). Liposomal delivery systems for intestinal lymphatic drug transport. *Biomaterials Research*, 20(1), 36–. doi:10.1186/s40824-016-0083-1
10. Torchilin, Vladimir P. (2005). Recent advances with liposomes as pharmaceutical carriers. , 4(2), 145–160. doi:10.1038/nrd1632