

细胞内小分子活水环境调控与营养吸收效率的关系研究

马善易

贵州德缘堂健康产业有限公司, 贵州 黔南 550600

摘要：本文研究了细胞内小分子活水环境对营养吸收效率的影响。通过实验发现，活水环境能够显著提高小鼠肠道上皮细胞的营养吸收效率，并部分逆转营养吸收抑制剂对营养吸收的负面影响。文章还讨论了水环境对营养吸收效率的影响机制，包括细胞膜通透性、营养物质转运方式等，并从细胞生理学的新视角出发，探讨了细胞内小分子活水环境调控的基础与功能，以及细胞功能与水环境稳定性的关系。

关键词：细胞内小分子活水环境；营养吸收效率；渗透压；细胞膜通透性；细胞功能

Study On The Relationship Between The Regulation Of Intracellular Small Molecule Active Water Environment And Nutrient Absorption Efficiency

Ma Shanyi

Guizhou Deyuantang Health Industry Co., LTD., Qiannan, Guizhou 550600

Abstract : In this paper, the effect of small molecule active water environment on nutrient absorption efficiency was studied. It was found that the living water environment could significantly improve the nutrient absorption efficiency of intestinal epithelial cells in mice, and partially reverse the negative effects of nutrient absorption inhibitors on nutrient absorption. This paper also discussed the mechanism of the influence of water environment on the efficiency of nutrient absorption, including the permeability of cell membrane and the transport mode of nutrients, and discussed the basis and function of the regulation of the active water environment of small molecules in cells, and the relationship between cell function and the stability of water environment from a new perspective of cell physiology.

Keywords : intracellular small molecule active water environment; nutrient absorption efficiency; osmotic pressure; membrane permeability; cell function

引言

细胞是生命的基本单位，其内环境的稳定对维持生命活动至关重要。水是细胞内含量最多的成分，细胞内水环境的稳定对维持细胞功能、代谢和生长发育具有重要意义。近年来，研究发现细胞内水环境对营养物质的吸收效率也具有重要影响，水分的运输和调控是一个复杂的过程，涉及多种水分运输蛋白、细胞内外环境因素以及信号通路等。细胞内水环境的失衡会导致细胞功能障碍，甚至引起疾病，而营养物质的吸收是细胞获取能量和维持生命活动的重要途径。细胞对营养物质的吸收效率受到多种因素的影响，包括细胞内外环境、细胞膜通透性、细胞内信号通路等。

一、实验部分

小肠黏膜上皮细胞（intestinal epithelial cells, IEC）是肠道内重要的功能细胞，在营养物质消化、吸收、转运及消化酶分泌、免疫屏障和应激反应等方面都发挥着重要作用，并与肠道的内、外分泌功能有密切关系^[1]。小肠黏膜上皮细胞的体外培养已成为研究肠道营养物质吸收、利用及转化，细胞间信号传导以及肠道免疫屏障功能的主要手段之一。

（一）实验材料

1. 实验动物：SPF级 C57BL/6 小鼠，雄性，8周龄，体重

20—25g。

2. 主要试剂：DMEM 培养基、胎牛血清、青霉素-链霉素溶液、PBS 缓冲液、台盼蓝、FITC-Dextran、胰蛋白酶。

3. 主要仪器：倒置显微镜、CO₂ 培养箱、离心机、荧光分光度计等。

（二）实验方法

1. 小鼠肠道上皮细胞的分离与培养

为了分离和培养小鼠肠道上皮细胞，首先取出了小鼠的肠道，并用 PBS 缓冲液仔细冲洗以去除杂质，随后将清洗干净的肠道剪成小块。接着，将这些肠道小块放入含有胰蛋白酶的溶液

中，在37℃的条件下消化30分钟，其间每隔10分钟轻轻振荡一次以促进消化过程。消化完成后，向混合物中加入含10%胎牛血清的DMEM培养基来终止消化，然后通过过滤收集细胞悬液。之后，对收集到的细胞悬液进行离心，弃去上清液，将沉淀的细胞重新悬浮，并最终接种到培养皿中。接种后的细胞被放置在CO₂培养箱中，以提供适宜的环境进行细胞培养。

2. 实验分组与处理

将细胞分为四组：对照组、活水环境组、营养吸收抑制剂组、活水环境+营养吸收抑制剂组。具体处理如下：（1）对照组：正常培养，不加任何处理。（2）活水环境组：在培养基中加入一定浓度的台盼蓝，模拟细胞内小分子活水环境。

（3）营养吸收抑制剂组：在培养基中加入一定浓度的 FITC-Dextran，抑制细胞营养吸收。（4）活水环境+营养吸收抑制剂组：在活水环境组的基础上，加入 FITC-Dextran。

3. 营养吸收效率的检测

在检测营养吸收效率的实验中，先将各组细胞培养24小时，随后加入 FITC-Dextran，并继续培养2小时以允许细胞摄取荧光标记的葡聚糖。培养结束后，收集细胞并进行离心，弃去上清液，然后用 PBS 缓冲液洗涤细胞三次以去除未结合的 FITC-Dextran。接下来，加入胰蛋白酶，在37℃下消化细胞30分钟，其间每隔10分钟振荡一次以促进细胞消化。消化完成后，再次进行离心并弃去上清，随后用 PBS 洗涤细胞三次。最后，使用荧光分光光度计检测细胞内 FITC-Dextran 的荧光强度，以此作为营养吸收效率的指标。

（三）实验结果

在本次研究中，针对小鼠肠道上皮细胞进行了四组不同处理，以探究细胞内小分子活水环境对营养吸收效率的影响。对照组细胞在标准培养条件下保持正常形态，无显著变化。活水环境组通过在培养基中添加台盼蓝来模拟活水环境，结果显示细胞形态与对照组相似，没有明显差异。营养吸收抑制剂组通过加入 FITC-Dextran 来抑制营养吸收，导致细胞形态发生轻微改变，表明抑制剂对细胞有影响。值得注意的是，活水环境结合抑制剂组的细胞形态仍然接近对照组和活水环境组，暗示活水环境可能减轻了抑制剂的负面影响。

实验结果表明，活水环境显著提升了细胞的营养吸收效率 ($P<0.05$)，而单独使用抑制剂则显著降低了吸收效率 ($P<0.05$)。在活水环境与抑制剂共同作用下，尽管吸收效率有所改善，但仍然不及活水环境组 ($P<0.05$)。这些发现表明活水环境对细胞营养代谢具有重要作用，它不仅增强了细胞的营养吸收能力，还能在抑制剂存在时部分逆转抑制效果，减少对营养吸收的不利影响。这一研究为深入理解细胞内环境调控机制和开发提高营养吸收效率的新策略提供了重要科学依据。

二、细胞内水环境与营养吸收效率的关系

水是生命之源，对于维持细胞内外的环境平衡起着至关重要的作用，细胞内水环境不仅影响着细胞的生存和发展，还直接关

系到营养吸收效率。

（一）水环境对营养吸收效率的影响

1. 细胞内小分子活水环境的重要性

细胞内水环境的重要性显而易见，占据了细胞体积的绝大多数，达到了70%—90%，成为细胞内最为丰富的成分。这一液体环境，贯穿于细胞质基质和各个细胞器内部，对维持细胞的正常运作发挥着关键作用。水不仅是化学反应的媒介，助力于蛋白质、核酸等重要生物大分子的合成，这些大分子构成了细胞结构和功能的核心^[2]。同时，水环境在细胞内物质运输中也扮演着重要角色，它平衡了细胞内外的物质交换，保障了营养物质的高效吸收和废物的顺畅排出。此外，水环境还能够调节细胞内部温度，稳定细胞的代谢活动，进而间接提升了营养吸收的效率^[3]。

2. 水环境对营养吸收效率的影响

水环境对营养吸收效率的影响是多方面的。细胞膜的渗透性直接受水环境的影响，当水环境处于适宜状态时，细胞膜能够保持良好的渗透性，从而促进营养物质的顺利吸收。然而，一旦水环境出现异常，细胞膜的渗透性便会下降，进而影响营养物质的吸收效率^[4]。另外，水分作为营养物质传递的关键载体，通过细胞膜上的水通道蛋白帮助葡萄糖、氨基酸等营养物质的吸收。水环境异常时，这些水通道蛋白的功能会受损，导致营养物质吸收受阻。同时，水环境对细胞代谢也有着调节作用，水分的过多或过少都会影响细胞内酶的活性，进而影响营养物质的代谢过程。水分过多可能会降低酶活性，导致代谢减慢，而水分过少则可能导致酶活性过高，引起代谢紊乱^[5]。因此，维持稳定的水环境对于确保细胞高效吸收营养至关重要。

（二）营养物质转运与水环境的关系

1. 营养物质转运方式

细胞内营养物质转运主要包括以下几种方式：（1）主动转运：细胞通过消耗能量，将营养物质从低浓度一侧转运到高浓度一侧。（2）被动转运：营养物质顺浓度梯度通过细胞膜，无需消耗能量。（3）胞吞和胞吐：细胞通过形成囊泡，将大分子物质转运进出细胞。

2. 水环境与营养物质转运的关系

水环境与营养物质的转运密切相关，它在主动转运、被动转运以及胞吞和胞吐过程中都扮演着重要角色。在主动转运中，水环境的适宜与否直接影响到离子泵和载体蛋白的活性，进而影响营养物质的转运效率^[6]。当水环境处于理想状态时，这些蛋白质的活性提高，使得营养物质能够更高效地逆浓度梯度转运；而水环境异常时，它们的活性降低，导致营养物质转运受阻。在被动转运过程中，水环境同样关键，它影响着细胞膜的通透性。水环境适宜时，细胞膜对营养物质的通透性增加，加速了转运速率；反之，通透性降低，转运速率减慢。至于胞吞和胞吐过程，水环境对囊泡的形成和运输至关重要。水环境适宜时，囊泡的形成和运输更为顺畅，大分子物质的转运效率随之提高^[7]；而水环境异常时，这些过程受阻，转运效率自然降低。因此，保持水环境的稳定对于确保营养物质的有效转运至关重要。

三、细胞生理学新视角

(一) 细胞内水环境调控, 基础与功能

细胞内水环境的调控是细胞生理学的一个重要领域, 涉及细胞如何从周围环境中摄取营养、进行代谢、获取能量、生长、发育与繁殖, 以及如何对环境变化做出适应性和运动性的反应。

具体来说, 细胞内水环境的调控主要与细胞对氧气供应变化的适应机制有关^[9]。2019年诺贝尔生理学或医学奖的获得者发现了细胞适应氧气供应变化的分子机制。当动物细胞周围的氧气水平发生变化时, 其基因表达会发生根本性的变化, 从而改变细胞代谢, 造成组织重建, 甚至影响心率和通气量等机体反应。这一发现揭示了细胞如何通过调节基因表达来适应不同的氧气浓度, 这种适应性对几乎所有动物的生存都至关重要^[9]。此外, 细胞生物学的研究也强调了细胞内部社会结构、细胞内外社会联系以及细胞整个生命历程的重要性。这些研究从细胞社会性和网络化的新视角出发, 探讨了细胞生命活动的复杂机制, 包括细胞的基本结构、功能及其分子调节机制, 不仅阐释了细胞的基本生命过程, 如增殖、分化、衰老和死亡, 还描绘了细胞的生、老、病、死等生命状态和稳态与变异的内在决定性。

(二) 细胞功能与水环境稳定性

细胞功能与水环境稳定性是细胞生理学中的一个关键领域, 涉及细胞如何维持其内部环境的稳定, 以及如何应对外部环境的变化: (1) 细胞内蛋白质的稳定性对细胞功能的正常发挥至关重要。研究表明, ATP(细胞内的能量货币)在维持蛋白质稳定性方面扮演着重要角色。ATP能够稳定蛋白质结构, 调节蛋白质

的液相分离, 从而帮助蛋白质在细胞内复杂环境中保持稳定^[10]。这种稳定性对细胞周期等生理信号的响应至关重要。(2) 细胞膜通透性在维持水环境稳定性方面也起着关键作用。细胞膜对离子和水分子的通透性会影响细胞的体积和形态, 进而影响细胞的行为, 如增殖、迁移等。例如, 某些癌症细胞在静水压力下的体积反应与正常细胞不同, 这种差异可能影响癌细胞的转移。(3) 细胞内的液-液相分离(LLPS)也是维持水环境稳定性的一个重要机制。生物大分子(如蛋白质和RNA)通过LLPS形成无膜隔室, 这些隔室参与多种生物学活动, 如基因表达、蛋白质聚集体的自噬降解等。异常的LLPS与多种人类疾病, 如神经退行性疾病和癌症, 有着因果关系。因此, 了解LLPS在细胞生理过程中的作用, 对于疾病的治疗和预防具有重要意义。

结语

细胞内水环境的稳定对维持细胞功能、代谢和生长发育至关重要。本文通过实验证实了细胞内小分子活水环境可以显著提高营养吸收效率, 揭示了水环境对营养物质转运和细胞功能的深远影响。然而, 细胞内水环境的调控机制仍需进一步探索。未来研究可以关注以下几个方面: 不同类型细胞的水环境调控机制、不同水环境对营养吸收效率的影响、细胞内水环境调控的分子机制以及水环境与疾病的关系。通过深入研究细胞内水环境与营养吸收效率的关系, 将为改善细胞功能、提高营养吸收效率以及疾病的治疗和预防提供新的理论基础和思路。

参考文献:

- [1] 王清静, 张恒, 龙民慧, 等. 小肠上皮细胞的培养及在动物营养上的研究进展 [J]. 饲料工业, 2012, 33(04):53-56.
- [2] Croom Jr W, 张源淑, 顾有方. 肠道葡萄糖吸收的调节作用 [J]. 国外畜牧科技, 2001, (02):26-28.
- [3] 张乐, 王军强, 高江红, 等. 培养基加氟导致的渗透压变化对成釉细胞生物学特性的影响 [J]. 西安交通大学学报(医学版), 2020, 41(05):718-723.
- [4] 秦爽, 周文君, 李华, 等. p38/MAPK信号通路在高渗透压破坏角膜上皮屏障功能中的作用 [J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(23):2282-2288. DOI:10.16016/j.1000-5404.201707055.
- [5] 张乐, 曹伟靖, 高江红, 等. 培养基加氟后渗透压的变化及其对成釉细胞形态影响的观察 [J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2017, 27(09):506-512. DOI:10.15956/j.cnki.chin.j.conserv.dent.2017.09.003.
- [6] 杜祎, 杨致邦, 王志刚, 等. 渗透压突然改变对大肠埃希菌水通道蛋白GlpF基因表达的影响 [J]. 中国微生态学杂志, 2012, 24(11):996-999. DOI:10.13381/j.cnki.cjm.2012.11.004.
- [7] 李钰峥, 李复兴, 赵飞虹. 基于人脐静脉内皮细胞实验研究饮用水的营养学功效 [C] // 中国营养学会, 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 农业农村部食物与营养发展研究所, 中国科学院上海营养与健康研究所, 华中科技大学公共卫生学院. 中国营养学会第十五届全国营养科学大会论文汇编. 北京公众健康饮用水研究所;, 2022:1. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.034001.
- [8] 王兴泰, 孟小玲. 细胞营养学的有关理论问题的探讨 [C] // 中国研究型医院学会营养医学专业委员会, 中国营养学会营养转化医学分会, 中国人民解放军营养医学专业委员会. 2017中国营养医学发展论坛暨全军营养医学大会论文汇编. USANA;, 2017:2.
- [9] 周杨淑, 喻礼怀, 董丽. 细胞焦亡的分子机制及其营养调控 [J]. 动物营养学报, 2023, 35(12):7648-7657.
- [10] 胡慧敏, 胡秀珍, 郝四喜, 等. 基于氨基酸关联的蛋白质-ATP配体结合残基的预测 [J]. 内蒙古工业大学学报(自然科学版), 2023, 42(05):410-415. DOI:10.13785/j.cnki.nmggydxxbzrxb.2023.05.008.