

# 小肽转运载体 1 的生物学特性及其功能

朱宇旌<sup>1</sup> 王秉玉<sup>1</sup> 张勇<sup>1</sup> 李欣蔚<sup>1</sup> 邵彩梅<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学畜牧兽医学院, 沈阳 110866; 2. 辽宁禾丰牧业有限公司, 沈阳 110164)

**摘要:** 小肽转运载体 1 (PepT1) 是  $H^+$ /肽偶联的转运载体。该载体通过利用肠腔到肠细胞的质子梯度来转运二肽和三肽。PepT1 对游离氨基酸、多肽在动物肠道内的转运调控具有重要作用。本文综述了 PepT1 的分类、生物学特征及功能, 并探讨了影响 PepT1 活性调控的因素。

**关键词:** 小肽转运载体 1; 生物学特性; 功能

**中图分类号:** S811

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2012)10-1847-07

小肠是动物吸收营养物质的主要场所, 食物进入小肠后被蛋白水解酶分解成肽的混合物或游离氨基酸<sup>[1]</sup>。小肽转运载体 (peptide transporter, PepT) 主要参与肠道内二肽和三肽的跨膜转运<sup>[2]</sup>, 这种跨膜转运是动物体内营养物质运输的重要途径。目前已知的小肽转运家族包括 PepT1、PepT2、肽/组氨酸转运子 1 (peptide/histidine transporter 1, PHT1) 和 PHT2<sup>[3-4]</sup>, 其中研究比较深入的是前两者。许多试验动物的 *PepT1* 和 *PepT2* 基因都已被克隆<sup>[5]</sup>。PepT1 在小肽转运过程中由质子原动力提供能量, 使之成为区别于其他物质转运的一种独特转运机制, 对于小肽的吸收利用具有重要作用。本文旨在就 PepT1 的分类、生物学特征及功能进行简要综述。

## 1 PepT1 的生物学特征

### 1.1 PepT1 的基因组成及分类

PepT1 是由载体 SLC15A1 构成的, 属于 SLC15 家族 (solute carrier family 15)<sup>[4]</sup>, 位于小肠上皮细胞内的刷状缘膜上, 但其三维结构目前尚不清楚。SLC15 家族成员是通过质子动力将各种短链肽和肽的类似物转运到细胞内的。这个家族最初的转运子 PepT1 (其编码基因为 *SLC15A1*) 和 PepT2 (其编码基因为 *SLC15A2*) 的主要功能是调

节肠及肾小管上皮细胞中肽的吸收。但到目前为止, 在哺乳动物中已经确定出另外 2 种肽的转运子 PHT1 (其编码基因为 *SLC15A4*) 和 PHT2 (其编码基因为 *SLC15A3*)。它们与 PepT 系列整体氨基酸的序列相似之处达到 20% ~ 25%。PHT1 和 PHT2 主要运输组氨酸和某些二、三肽<sup>[6]</sup>。Daniel<sup>[7]</sup> 总结了肽转运家族成员, 详见表 1。

### 1.2 PepT1 的蛋白质分子结构

PepT1 是完整的膜蛋白, Terova 等<sup>[8]</sup> 在欧洲鲈鱼中分离出一个完整的 *PepT1* cDNA, 一共有 3 014 个区域, 其中包括 5' - 非编码区 (101 bp)、开放编码区 (2 184 bp) 和 3' - 非编码区 (729 bp), 并预测出 12 个跨膜结构域的蛋白质 (728 个氨基酸) (图 1)。其中氨基端和羧基端都位于细胞质内侧。在第 9 跨膜区和第 10 跨膜区之间存在一个较大的亲水环, 位于细胞膜外侧, 亲水环上面有许多糖基化位点。分别在细胞内环第 6、7 跨膜区之间和第 8、9 跨膜区之间有 1 个蛋白激酶 C (PKC) 和 1 个蛋白激酶 A (PKA) 的磷酸化位点<sup>[9]</sup>。不同种类动物小肠中 *PepT1* mRNA 长度不同, 所编码成蛋白质的氨基酸组成数目也不同, 但其分子质量相同, 都为 79 ku。其中猪小肠内 *PepT1* mRNA 是由 708 个氨基酸编码的, 与绵羊和牛相似<sup>[10]</sup>。

收稿日期: 2012-04-05

基金项目: 国家自然科学基金 (31101253)

作者简介: 朱宇旌 (1972-), 女, 辽宁彰武人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事动物营养方面的教学和研究工作。E-mail: syndzhyj@163.com

表 1 质子寡肽转运家族  
Table 1 The proton oligopeptide cotransporter family<sup>[7]</sup>

基因名称 Gene names	蛋白质 Proteins	别名 Aliases	底物 Substrates	转运类型和偶联离子 Transport type and coupling ion	组织分布/细胞表达 Tissue distribution/ cellular expression
<i>SLC15A1</i>	PepT1	寡肽转运子 1、 H <sup>+</sup> /小肽转运载体 1	二/三肽质子	协同转运, H <sup>+</sup>	小肠和肾脏
<i>SSLC15A2</i>	PepT2	寡肽转运子 2、 H <sup>+</sup> /小肽转运载体 2	二/三肽质子	协同转运, H <sup>+</sup>	肾脏、肺、大脑、 乳腺、支气管上皮
<i>SLC15A3</i>	PHT2、hPHR3 (human peptide transporter 3)	肽/组氨酸转运子 2、 组氨酸、人体小肽 转运载体 3	二/三肽质子	协同转运, H <sup>+</sup>	肺、脾脏、胸腺、 大脑、肝脏、 肾上腺、心脏
<i>SLC15A4</i>	PHT1、PTR4 (human peptide transporter 4)	肽/组氨酸转运子 1、 组氨酸、人体小肽 转运载体 4	二/三肽质子	协同转运, H <sup>+</sup>	大脑、视网膜、胚胎

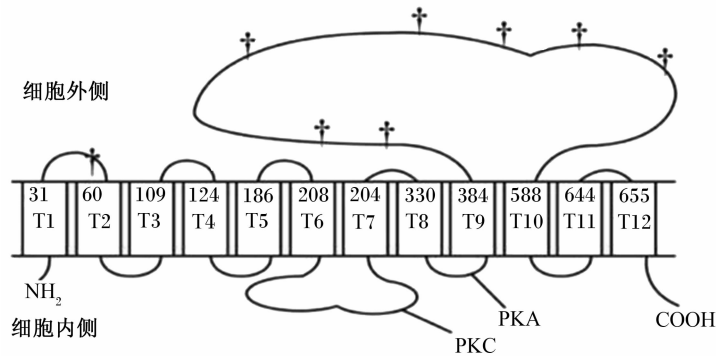


图 1 PepT1 的跨膜模型

Fig. 1 Membrane-spanning model of PepT1

### 1.3 PepT1 的克隆

PepT1 在多种脊椎动物物种中进行了克隆,包括兔、大鼠、小鼠、羊、鸡、火鸡、狗、人、猪、牛、猴、大西洋鳕鱼和斑马鱼(表 2)。PepT1 的氨基酸组成范围为 707 ~ 729。PepT1 在细菌、酵母、植物和无脊椎动物中也被发现。目前有研究表明,依靠 PepT1 转运的原核 H<sup>+</sup> 和 YdgR (*Escherichia coli* tp-pB),特点和功能与哺乳动物的 PepT1 非常相似<sup>[11]</sup>。

## 2 PepT1 的功能

### 2.1 PepT1 在组织和细胞中的表达和调控

PepT1 在组织和细胞中的分布具有一定的研究意义。PepT1 mRNA 最初在小肠和肾小管上皮细胞内表达<sup>[6]</sup>。PepT2 基因主要在肾脏肾小管内表达,在肺、乳腺、脉络丛和神经系统神经胶质细胞内也有少量的表达,但是不存在于肠道内<sup>[7]</sup>。PepT1 基因在小肠内是通过肠道上皮特异性基因

*Cdx2* 进行具体地表达的<sup>[12]</sup>。转录因子在肠上皮细胞增殖、分化和成熟中起重要的作用,组织和细胞中的调控最有可能是通过刺激蛋白 1 (SP1) 转录因子的相互作用发生在其中有识别位点的 *PepT1* 基因上,从而控制基底活动<sup>[13]</sup>。在大西洋鳕鱼的十二指肠、空肠、回肠和鸡、猪、反刍动物体内分别检测出大量 *PepT1* mRNA<sup>[14]</sup>。*PepT1* 基因在鸡的盲肠中有表达,而在小肠和肾脏中没有<sup>[15]</sup>。Amberg 等<sup>[16]</sup>在鳕鱼仔鱼的体内整个消化系统(除食道和肛门括约肌)中发现 *PepT1* 基因的表达。Howard 等<sup>[17]</sup>发现 *PepT1* mRNA 在鼠的整个小肠内都有表达。Hussain 等<sup>[18]</sup>观察到在胎儿 18 d 时和婴儿出生当天,其体内的 PepT1 蛋白存在于十二指肠内,出生后 PepT1 延伸到细胞质下部和细胞膜内。断奶和成年以后,*PepT1* 基因仅在刷状缘膜表达。

表 2 不同动物肠内克隆 PepT1 的对比

Table 2 Comparison of cloned intestinal PepT1 across several species<sup>[11]</sup>

物种 Species	cDNA 所含核苷酸数目 The number of nucleotides in cDNA	蛋白质所含氨基酸数目 The number of AAs in protein	基因组数据库收录号 GenBank accession No.
兔 Rabbit	2 746	707	U06467 (NM—001082337)
绵羊 Sheep	2 829	707	AY027496 (NM—001009758)
牛 Cattle	2 742	707	BC140526 (NM—001099378)
狗 Dog	3 026	708	AF461733 (NM—001003036)
人 Human	3 104	708	U21936 (NM—005073)
猪 Pig	2 698	708	AY180903 (NM—214347)
猕猴 Cynomolgus monkey	2 127	708	AY289936
恒河猴 Rhesus monkey	3 108	708	AY289934
小鼠 Mouse	3 128	709	AF205540 (NM—053079)
大鼠 Rat	3 032	710	D50664 (NM—057121)
鸡 Chicken	2 914	714	AY029615 (NM—204365)
火鸡 Turkey	2 921	714	AY157977
斑马鱼 Zebrafish	2 636	718	AY300011
大西洋鲑鱼 Atlantic cod	2 838	729	AY921634

## 2.2 PepT1 的转运机制

PepT1 在肠道内通过跨膜转运肽类物质,对肠道吸收营养物质有重要作用。PepT1 转运小肽的调控机制是: $H^+$ 和二、三肽分子穿过小肠上皮细胞膜后,被 PepT1 转运到细胞浆内,通过结合小肠上皮细胞膜的  $Na^+/H^+$  交换系统再将  $H^+$  转运出细胞外,将  $Na^+$  置换到细胞内,从而维持细胞膜的质子驱动力,同时也结合细胞膜的  $Na^+/K^+$ -ATP 酶交换系统,将  $Na^+$  转运出细胞外,以维持细胞外到细胞内的  $Na^+$  梯度(图 2)。

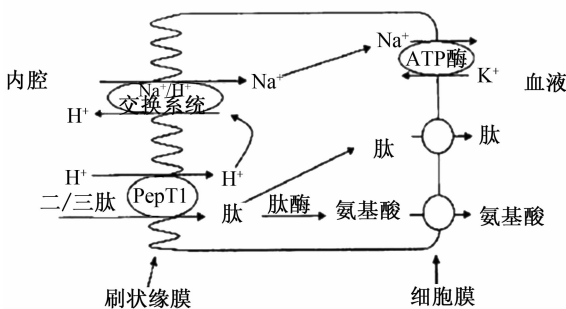


图 2 肠上皮细胞转运小肽的细胞过程

Fig. 2 Cellular processes involved in transport of small peptides by the intestinal epithelial cells<sup>[14]</sup>

## 2.3 PepT1 跨膜转运途径

在小肠上皮细胞内,PepT1 转运肽类物质可能

会因为小肽吸收途径的转变而改变。其途径主要包括 PepT1 的主动转运、细胞穿透肽(CPP)携带肽类物质的运输转运及旁细胞途径(图 3)<sup>[11]</sup>。

## 3 PepT1 活性调控

PepT1 的活性调控受许多因素所影响,其中包括生物学因素、营养因素、底物因素以及生理因素等。这些因素对 PepT1 的活性调控具有上调或下调的作用。

### 3.1 生物学因素

在哺乳动物中,PepT1 的活性调控受到可调节激素,如胰岛素、表皮生长因子、瘦素和甲状腺素等影响,这些因素能显著提高细胞对肽类物质的摄入量,同时可以增加细胞膜上 PepT1 的含量<sup>[19]</sup>。Sun 等<sup>[20]</sup>研究表明,向严重烧伤的大鼠体内注射重组人生长激素能够显著提高烧伤大鼠小肠上皮细胞对二肽的摄入量。

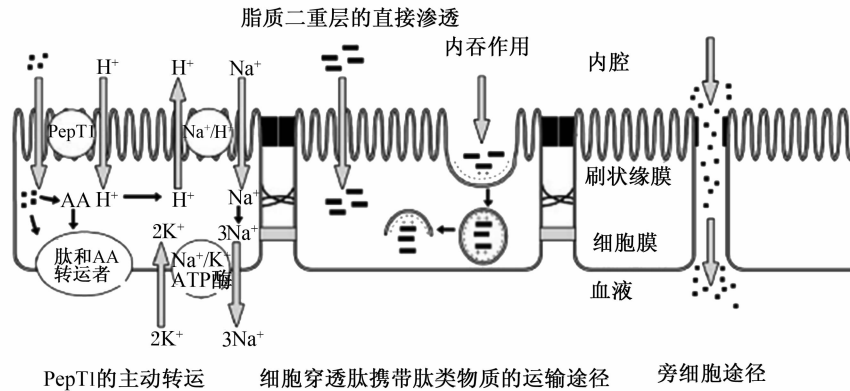
### 3.2 营养因素

饲料蛋白质水平可能是影响 PepT1 活性调控的重要因素,起着上调作用。从饲料科学的角度看,饲料蛋白质是最重要的营养,提高饲料蛋白质利用的同时也有助于减少氮的排放量。

肠道营养物质的转运受饲料和肠腔内底物浓度的影响。Ostaszewska 等<sup>[19]</sup>分别饲喂鳕鱼二肽、

游离氨基酸和完整蛋白,结果显示饲喂二肽及游离氨基酸的鳕鱼体内 *PepT1* mRNA 表达显著增加,体重比饲喂完整蛋白的鳕鱼增加 8 倍。Hindlet 等<sup>[21]</sup>给大鼠饲喂含有甘氨酸肌氨酸(Gly-Sar)的饲料,发现大鼠体内 *PepT1* mRNA 表达增加 6 倍。有关研究表明使鲈鱼禁食 35 d,发现其体内 *PepT1* mRNA 表达减少,恢复进食后 *PepT1* mRNA 的表达显著增加,说明 *PepT1* mRNA 影响鲈鱼的饮食

调节<sup>[8,22]</sup>。*PepT1* 活性调控与饲粮蛋白质水平关系密切。试验表明:给肉鸡饲喂低质量的饲料(玉米蛋白粉)显示,第 3 天至第 7 天肉鸡体内 *PepT1* mRNA 的表达相对减少,到第 14 天表达显著增加;给雏鸡饲喂等量的高质量饲料(大豆蛋白粉)显示,肉鸡体内 *PepT1* mRNA 的表达从第 3 天到第 14 天持续不断地增加,同时雏鸡体重也显著增加<sup>[23]</sup>。



(A) 二肽和三肽的主要吸收途径是通过 *PepT1* 与  $H^+$  协同转运的。The primary route of dipeptide and tripeptide absorption is through cotransport with  $H^+$  by the peptide transporter, *PepT1*.

(B) CPP 能够携带肽类物质进入细胞。Cell-penetrating peptides (CPP) are capable of carrying cargo such as peptides to the inside of cells.

(C) 增加内腔刷状缘膜紧密连接的通透性,允许通过旁细胞途径吸收肽。Increased permeability of tight junctions permits uptake of peptides via the paracellular route.

图 3 肠肽吸收的潜在途径

Fig. 3 Potential routes of peptide uptake in enterocytes<sup>[11]</sup>

Bucking 等<sup>[22]</sup>研究证明:对动物进行短期禁食会导致其体内 *PepT1* mRNA 表达水平上调,但长期禁食会导致其下调。在饲养水平恢复后,动物体内 *PepT1* mRNA 水平会逐渐增加到禁食之前。Ma 等<sup>[24]</sup>对野生小鼠进行限饲,发现其小肠内 *PepT1* mRNA 的表达水平提高 2 倍。Madsen 等<sup>[25]</sup>通过限饲方法观察肉鸡体内 *PepT1* 与过氧化物酶体增殖剂活化受体  $\alpha$  (peroxisome proliferator-activated receptor  $\alpha$ , PPAR $\alpha$ ) 表达的关系发现,在肉鸡空腹状态下, *PepT1* 受到 PPAR $\alpha$  的监管,同时,肉鸡采食量的减少会促进其体内 *PepT1* mRNA 的表达。

### 3.3 底物因素

*PepT1* 的底物对 *PepT1* 具有调控作用,且不同底物对 *PepT1* 的活性不同。*PepT1* 底物在营养的

补充,尤其是游离氨基酸吸收方面起着重要作用,同时 *PepT1* 可加速氨基酸的吸收率<sup>[19]</sup>。有关试验显示,对大鼠的十二指肠灌注大豆蛋白水解物和蛋清蛋白水解物后,观察到这 2 种物质中的氨基酸被吸收到门静脉血液的速度比那些氨基酸混合物或具有相同氨基酸组成的完整蛋白质快<sup>[26]</sup>。Liu 等<sup>[27]</sup>用 JBP485 (cyclo-*trans*-4-*L*-hydroxypropyl-*L*-serine) 来处理人的大肠癌细胞 (Caco-2) 时发现, *PepT1* mRNA 表达增加了 1.5 倍,从而确认 JBP485 是 *PepT1* 的底物,影响 *PepT1* 吸收调节机制。由于 *PepT1* 具有广泛的底物特异性,它能够转运大约 400 种二肽和 8 000 种三肽及一些肽类化合物。底物对 *PepT1* 的调节是通过增加细胞膜上肽转运蛋白的丰度来实现的。调节 *PepT1* mRNA 的表达可能有 2 个途径:一是增加 mRNA

编码基因的稳定性;二是增加 *PepT1* mRNA 的转录<sup>[11]</sup>。

### 3.4 生理因素

动物在生长发育阶段,肠道消化系统需要经历结构和功能上的改变:出生或孵化阶段、哺乳动物断奶阶段。肠道内 *PepT1* 的活性为适应这一转变也会发生相应的变化。*Chen* 等<sup>[28]</sup> 研究发现,鸡从孵化 16 d 到出壳,其体内 *PepT1* 活性快速增加,*PepT1* mRNA 表达水平提高了 14 倍,认为在生长发育过程中,动物为适应采食所做出的反应导致了 *PepT1* 的活性调控与 *PepT1* mRNA 的表达发生变化,但具体的作用机制尚不清楚。

*PepT1* 的活性调控可能与昼夜节律也有关。*Pan* 等<sup>[29]</sup> 在研究中发现,夜间小鼠体内 *PepT1* 的活性水平会显著提高,但当小鼠处于空腹或取消白天按时饲喂这一模式后,其体内的 *PepT1* 迅速改变,以适应肠道对营养的需求,因此认为 *PepT1* 的活性调控具有可塑性,当环境发生变化时,*PepT1* 能够快速适应其变化。

## 4 小 结

*PepT1* 广泛存在于动物肠道内,是转运小肽以及肽类化合物的重要因子,具有高特异、高容量等转运特性,可以最大限度地促进小肽吸收转运,促进动物生长。目前 *PepT1* 的基因已被克隆,大量研究表明可以通过对 *PepT1* 的活性进行合理的调控,从而有效调节小肽吸收转运,但对 *PepT1* 分子水平上的调控依然不很清楚。因此,深入开展 *PepT1* 的基因表达调控方面的研究对深入了解动物小肽吸收转运的机理有重要意义。

### 参考文献:

- [ 1 ] HINDLET P, BUYSE M. Regulation of *PepT1* by leptin and physiological implications [ J ]. *Genes & Nutrition*, 2010, 5 ( 1 ): 15 – 17.
- [ 2 ] INGERSOLL S A, AYYADURAI S, CHARANIA M A, et al. The role and pathophysiological relevance of membrane transporter *PepT1* in intestinal inflammation and inflammatory bowel disease [ J ]. *American Journal of Physiology, Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2012, 302 ( 5 ): G484 – G492.
- [ 3 ] AGU R, COWLEY E, SHAO D, et al. Proton-coupled oligopeptide transporter ( POT ) family expression in human nasal epithelium and their drug transport potential [ J ]. *Molecular Pharmaceutics*, 2011, 8 ( 3 ): 664 – 672.
- [ 4 ] ZUCHELLI M, TORKVIST L, BRESSO F, et al. *PepT1* oligopeptide transporter ( SLC15A1 ) gene polymorphism in inflammatory bowel disease [ J ]. *Inflammatory Bowel Diseases*, 2009, 15 ( 10 ): 1562 – 1569.
- [ 5 ] GUO X J, MENG Q, LIU Q, et al. Construction, identification and application of HeLa cells stably transfected with human *PepT1* and *PepT2* [ J ]. *Peptides*, 2012, 34 ( 2 ): 395 – 403.
- [ 6 ] DANIEL H, KOTTRA G. The proton oligopeptide co-transporter family SLC15 in physiology and pharmacology [ J ]. *Biomedical and Life Sciences*, 2004, 447 ( 5 ): 610 – 618.
- [ 7 ] DANIEL H. Molecular and integrative physiology of intestinal peptide transport [ J ]. *Annual Review of Physiology*, 2004, 66 : 361 – 384.
- [ 8 ] TEROVA G, CORA S, VERRI T, et al. Impact of feed availability on *PepT1* mRNA expression levels in sea bass ( *Dicentrarchus labrax* ) [ J ]. *Aquaculture* 2009, 294 : 288 – 299.
- [ 9 ] VAN L, PAN Y X, BLOOMQUIST J R, et al. Developmental regulation of a turkey intestinal peptide transporter ( *PepT1* ) [ J ]. *Poultry Science*, 2005, 84 : 75 – 82.
- [ 10 ] WANG W, SHI C, ZHANG J, et al. Molecular cloning, distribution and ontogenetic expression of the oligopeptide transporter *PepT1* mRNA in Tibetan sucking piglets [ J ]. *Amino Acids*, 2009, 37 ( 4 ): 593 – 601.
- [ 11 ] GILBERT E R, WONG E A, WEBB K E. Peptide absorption and utilization: implication for animal nutrition and health [ J ]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86 : 2135 – 2155.
- [ 12 ] SHIMAKURA J, TERADA T, SHIMADA Y, et al. The transcription factor *Cdx2* regulates the intestine specific expression of human peptide transporter 1 through functional interaction with *Sp1* [ J ]. *Biochemical Pharmacology*, 2006, 71 : 1581 – 1588.
- [ 13 ] SHIMAKURA J, TERADA T, KATSURA T, et al. Characterization of the human peptide transporter *PepT1* promoter: *Sp1* functions as a basal transcriptional regulator of human *PepT1* [ J ]. *American Journal of Physiology, Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2005, 289 : 471 – 477.
- [ 14 ] BAKKE S, JORDAL A E, GOMEZ-REQUENI P, et al. Dietary protein hydrolysates and ferr amino acids

- affect the spatial expression of peptide transporter PepT1 in the digestive tract of Atlantic cod (*Gadus morhua*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2010, 156: 48 – 55.
- [15] CHEN H, PAN Y X, WONG E A, et al. Molecular cloning and functional characterization of a chicken intestinal peptide transporter (cPepT1) in *Xenopus* oocytes and Chinese hamster ovary cells [J]. *The Journal of Nutrition*, 2002, 132: 387 – 393.
- [16] AMBERG J J, MYR C, KAMISAKA Y, et al. Expression of the oligopeptide transporter, PepT1, in larval Atlantic cod (*Gadus morhua*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2008, 150: 177 – 182.
- [17] HOWARD A, GOODLAD R, WALTERS J, et al. Increased expression of specific intestinal amino acid and peptide transporter mRNA in rats fed by TPN is reversed by GLP-2 [J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134: 2957 – 2964.
- [18] HUSSAIN I, KELLETT G, AFFLECK J, et al. Expression and cellular distribution during development of the peptide transporter (PepT1) in the small intestinal epithelium of the rat [J]. *Cell Tissue Research*, 2002, 307: 139 – 142.
- [19] OSTASZEWSKA T, KAMASZWSKI M, GROCHOWSKI P, et al. The effect of peptide absorption on PepT1 gene expression and digestive system hormones in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2010, 155: 107 – 114.
- [20] SUN B W, ZHAO X C, WANG G L, et al. Changes of biological functions of dipeptide transporter (PepT1) and hormonal regulation in severe scald rats [J]. *World Journal Gastroenterol*, 2003, 9 ( 12 ): 2782 – 2785.
- [21] HINDLET P, BADO A, FARINOTTI R, et al. Long-term effect of leptin on H<sup>+</sup>-coupled peptide cotransporter 1 activity and expression *in vivo*: evidence in leptin-deficient mice [J]. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 2007, 323: 192 – 201.
- [22] BUCKING C, SCHULTE P M. Environmental and nutritional regulation of expression and function of two peptide transporter (PepT1) isoforms in a euryhaline teleost [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2012 ( 161 ): 379 – 387.
- [23] GILBERT E R, LI H, EMMERSON D A, et al. Dietary protein quality and feed restriction influence abundance of nutrient transporter messenger RNA in the small intestine of broiler chicks [J]. *The Journal of Nutrition*, 2008, 138: 262 – 271.
- [24] MA K, HU Y, SMITH D E, et al. Influence of fed-fasted state on intestinal PepT1 expression and *in vivo* pharmacokinetics of glycylsarcosine in wild-type and PepT1 knockout mice [J]. *Pharmaceutical Research*, 2012, 29 ( 2 ): 535 – 545.
- [25] MADSEN S L, WONG E A. Expression of the chicken peptide transporter 1 and the peroxisome proliferator-activated receptor  $\alpha$  following feed restriction and subsequent refeeding [J]. *Poultry Science*, 2011, 90 ( 10 ): 2295 – 300.
- [26] KODERA T, HARA H, NISHIMORI Y, et al. Amino acid absorption in portal blood after duodenal infusions of a soy protein hydrolysate prepared by a novel soybean protease D3 [J]. *Journal of Food Science*, 2006, 71: 517 – 525.
- [27] LIU Z H, WANG C Y, LIU Q, et al. Uptake, transport and regulation of JBP485 by PEPT1 *in vitro* and *in vivo* [J]. *Peptides*, 2011, 32: 747 – 754.
- [28] CHEN H, PAN Y X, ERIC A W, et al. Dietary protein level and stage of development affect expression of an intestinal peptide transporter (ePepT1) in chickens [J]. *The Journal of Nutrition*, 2005, 135 ( 2 ): 193 – 198.
- [29] PAN X, TERADA T, OKUDA M, et al. The diurnal rhythm of the intestinal transporters SGLT1 and PEPT1 is regulated by the feeding conditions in the rat [J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134: 2211 – 2215.

## Peptide Transporter 1 : Biological Characteristics and Functions

ZHU Yujing<sup>1</sup> WANG Bingyu<sup>1</sup> ZHANG Yong<sup>1</sup> LI Xinwei<sup>1</sup> SHAO Caimei<sup>2</sup>

(1. *School of Animal Science and Veterinary, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;*

2. *Liaoning Well Hope Agri-Tech Co., Ltd., Shenyang 110164, China*)

**Abstract:** Intestinal peptide transporter 1 (PepT1) is a transporter of H<sup>+</sup>/peptide coupling, which has a function to transport dipeptide and tripeptide by proton gradient from the intestinal cavity to the intestinal cells. PepT1 plays an important role in the regulation of free amino acids and polypeptide transportation in the intestine of animals. This paper reviewed the classification, biological characteristics and functions of PepT1, and the factors that regulate its activity. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(10):1847-1853]

**Key words:** PepT1; biological characteristics; function