



胰腺外分泌的功能 及影响因素

周 芬 丁月云 张莉莉 王 恬
南京农业大学动物科学技术学院

摘 要 胰腺外分泌部分占腺体的绝大部分,外分泌部分所分泌的胰液中含大量的消化酶,分别消化食物中的各种营养成分。胰液对食物的消化和吸收起着十分重要的作用。胰液分泌紊乱会导致动物消化和吸收异常,影响动物生长发育,给生产带来很大的损失。

关键词 胰腺 外分泌 调节酶

中图分类号:S852.21 文献标识码:A 文章编号:1002-2813(2008)08-0028-03

胰腺是动物体一个较大的消化腺,是一个实体器官,其表面包被着一层由疏松结缔组织构成的被膜,被膜伸进腺的实质,把它分割成若干个小叶,胰腺具有外分泌消化腺和内分泌消化腺的作用。其中,外分泌部分占腺体的绝大部分,属于副管泡状腺,分泌胰液,通过胰管排入十二指肠。胰液中含大量的消化酶,分别消化食物中的各种营养成分。这些酶可能只在肠腔的碱性环境中才能被激活。胰液对食物的消化和吸收起着十分重要的作用。胰液分泌紊乱会导致动物消化和吸收异常,影响动物生长发育,给生产带来很大的损失。

胰液是无色、无臭和澄清的碱性液体,渗透压与血浆相近,pH 7.8~8.4,主要含水、无机物和有机物。影响胰腺外分泌的因素有很多,体内因素主要是以迷走神经为主的神经调节和以激素为主的体液调节,体外因素主要是一些外源性物质刺激,在这些因素的共同作用下,胰液分泌能维持在一个正常的水平,确保动物生长发育。

1 胰液中的无机成分及作用

胰液无机物中以碳酸氢盐含量最高,胰液中的负离子主要是 HCO_3^- ,其次是 Cl^- ,阳离子有钠、钾

和钙等。在生理限度内,胰液中 HCO_3^- 的浓度随分泌速度加快而增加。 HCO_3^- 浓度升高时, Cl^- 浓度将相应下降,因此,胰液中的负离子总浓度相对恒定,几乎与血浆等渗。碳酸氢盐不仅能中和胃酸,以保护肠黏膜免受强酸侵蚀,还可造成肠内适宜的 pH 环境,而胰液和肠液中的许多酶只有在碱性环境中才能发挥作用。

2 胰液中的有机成分及作用

胰液中的有机成分主要有白蛋白、球蛋白和酶蛋白等,蛋白质浓度介于 0.1%~10%,当胰酶分泌增加时,胰液中的蛋白质浓度就会升高。因此,测定胰液蛋白质含量可代表胰酶含量。胰液中含有消化 3 种主要营养物的酶,即水解淀粉酶、脂肪酶和蛋白质酶,以及其他各种酶类,胰液中的酶类绝大多数以酶原的形式分泌,需要有激活物使其转变成酶,才能对底物发挥作用(见表 1)。胰液中还含有其他酶和一些因子,如辅脂酶,它是一种蛋白质,相对分子质量为 11 000,可以和油滴表面连接并置换胆盐,1 分子辅脂酶可将 1 分子脂肪酶吸附于油滴表面,使脂肪酶得到最适的 pH,从而有助于脂肪酶对脂肪发挥作用,并防止胆盐对脂肪酶的阻断作用。

正常情况下,胰蛋白酶不会消化胰组织本身,除了因为它是以酶原的形式分泌到肠内才被激活,还

收稿日期:2008-03-26

通讯作者:王恬

因为胰液中一些抑制因子的作用。如胰蛋白酶抑制因子(一种多肽,相对分子质量为 5 000 ~ 6 000),在 pH 3.0 ~ 7.0 时它与胰蛋白酶结合,使胰蛋白酶失活,可防止由于少量胰蛋白酶原在腺体内活化引发的自身消化作用。但它的含量远低于胰蛋白酶原,在胰蛋白酶原全部被激活后,它不能阻止充分活化的胰蛋白酶活动,不再保护胰腺。

3 影响胰液分泌与合成的各种因素

3.1 神经调节

食物的色、香、味、形态和容积等刺激机体感受器,可反射性地引起胰液分泌。支配胰腺的神经为迷走神经和内脏神经。副交感迷走神经的节后纤维支配胰的腺泡和导管平滑肌。若将狗颈部迷走神经切断,任其变性约 4 d,使迷走神经干中的心搏抑制纤维和运动纤维萎缩,此时分泌纤维尚未萎缩,电刺激这种迷走神经外周段将出现胰液分泌,其特点是所分泌的胰液黏稠,含酶量多,而含碳酸氢盐和水则极少,所以胰液分泌量少,这一效应可被阿托品阻断。若刺激新切断的颈迷走神经外周段,有时胰液不分泌或分泌量极少,这是由于较大的胰导管平滑肌收缩所致。刺激支配胰腺的内脏神经,也可获得少量胰液,此现象也被阿托品阻断。可见,支配胰腺的内脏神经中也含有胆碱,能分泌纤维,但刺激内脏神经,由于肾上腺素能使纤维兴奋,引起血管收缩,减少胰的血流量,所以可使胰液分泌减少。

3.2 激素调节

刺激胰液分泌的主要胃肠激素有促胰液素和促胰酶素。

3.2.1 促胰液素

1902 年,贝利斯等发现了促胰液素。它是由 27 个氨基酸残基组成的多肽。酸性食糜或盐酸溶液进入小肠,可刺激肠黏膜内的 S 内分泌细胞释放促胰液素,此激素通过血液循环可刺激胰液分泌,其优势作用是刺激胰导管上皮细胞分泌碳酸氢盐和水,也能刺激腺泡细胞分泌少量胰酶。促胰液素需要完整的分子才能表现最强活性,如果去掉其分子氨基端的组氨酸或用铬氨酸替换组氨酸,其活性即降低 99 %。在生理情况下,刺激促胰液素释放的主要物质为胃酸。狗进食后酸性食糜由胃入肠,刺激促胰液素释放,从而引起胰碳酸氢盐排出量增多,如果预先给予 H₂ 受体阻断剂——甲氰咪胍以抑制胃酸分泌,则进食就不再引起促胰液素释放。酸引起促胰液素释放的 pH 为 4.5,在 pH 4.5 ~ 3.0 的范围内,pH 越低酸化的肠管越长,促胰液素释放越多。在肠内引起促胰液素释放的因素很多,按其刺激强度排列依次为盐酸、蛋白胨、油酸钠和氨基酸。

3.2.2 促胰酶素

1943 年,Harper 等发现了促胰酶素。它是由 33 个氨基酸残基组成的多肽。以后证明,它和胆囊收缩素是同一物质,故称胆囊收缩素-促胰酶素(CCK-PZ)。胆囊收缩素(CCK)被认为是最主要的调节胰腺消化酶分泌的胃肠激素,CCK 在消化道中主要由十二指肠上皮 I 细胞分泌。它的分泌至少受 3 种胰蛋白酶敏感的释放因子调控:监控肽(胰腺腺泡细胞分泌)、肠道 CCK 释放因子(LCRF)和地西洋结合抑制因子(DBI)。作用于胰脏的腺泡细胞,能促进淀粉酶和胰蛋白酶的分泌,但不太影响胰液中的

表 1 胰液中的各种酶及作用

酶	激活物	底物	催化功能及产物
胰蛋白酶(原)	肠激酶和胰蛋白酶	蛋白质或多肽	解裂靠近精氨酸和赖氨酸的肽键
糜蛋白酶(原)	胰蛋白酶	蛋白质或多肽	解裂临近具有芳香族侧链的氨基酸的肽键
弹性蛋白酶(原)	胰蛋白酶	弹性蛋白	解裂靠近有脂族侧链的氨基酸的肽键
羧基肽酶(原)A	胰蛋白酶	蛋白质或多肽	解裂具有芳香族或分支的脂族侧链的羧基末端的氨基酸
羧基肽酶(原)B	胰蛋白酶	蛋白质或多肽	解裂具有碱性侧链的羧基末端的氨基酸
胰脂肪酶		甘油三酯	甘油一酯和脂肪酸
胰脂酶		胆固醇酯	胆固醇
胰 α-淀粉酶	CL ⁻	淀粉	α-糊精、麦芽糖和麦芽寡糖
核糖核酸酶		RNA	单核苷酸
脱氧核糖核酸酶		DNA	单核苷酸
磷脂酶(原)A	胰蛋白酶	卵磷脂	溶血卵磷脂



水分和碳酸氢盐的量,具有促使胆囊收缩和促进胆汁分泌的作用。此外,它还起着促进消化管运动、胃液分泌和胰岛素分泌等功能。

脂肪性食物进入小肠,可刺激肠黏膜内的内分泌细胞,释放 CCK—PZ,此激素经血液循环,刺激胰腺,其优势作用是刺激腺泡细胞分泌胰酶和促使胆囊收缩,它几乎不刺激胰分泌碳酸氢盐和水,用胰蛋白酶消化 33 肽的 CCK,使其羧基端 8 个氨基酸解裂出来,成为八肽胆囊收缩素(CCK—8),CCK—8 具有整个 CCK 分子的全部活性,故 CCK—8 为胆囊收缩素-促胰酶素分子的最小活性片段。在 CCK 分子羧基端第 7 位的酪氨酸是硫酸盐化的,其上的硫酸酯基团的存在为发挥其生物活性所必需的。在肠内刺激促胰酶素释放的物质,按其刺激强度排列,依次为蛋白胨、氨基酸、油酸钠、盐酸和玉米油。在各种氨基酸中,以色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸和缬氨酸的释放作用最强;在脂肪酸中,有超过 8 个碳原子的脂肪酸才有作用,脂肪酸链越长或肠内脂肪量越多,刺激促胰酶素释放作用越强。此外,将生理浓度钙离子溶液注入小肠内,也可刺激 CCK 释放。释放入血的 CCK 对胰腺主要是营养作用,它可促进胰腺生长和蛋白合成。

胆囊收缩素-促胰酶素或迷走神经冲动与促胰液素同时作用于胰腺,可加强胰碳酸氢盐的排出量,这说明,胆囊收缩素或神经因素都有加强促胰液素的作用。

3.3 日粮营养因素

3.3.1 日粮营养因素对胰腺消化酶合成的影响

日粮中不同蛋白水平对生长猪胰腺消化酶 mRNA 水平和胰腺酶活有影响。对初质量 40.5 kg 的生长猪,饲喂后第 3 天,高蛋白水平组各种消化酶的酶活和糜蛋白酶 mRNA 水平显著高于低蛋白水平组。到第 6 天和第 8 天,高蛋白水平组消化酶的酶活仍显著高于低蛋白水平组,mRNA 水平却已差异不显著。可见,日粮蛋白水平对消化酶转录水平的调控是暂时性的短期行为,机体适应后,主要依靠转录后水平调控。

3.3.2 日粮营养因素对胰腺消化酶分泌的影响

日粮中的营养物质对胰腺消化酶具有调控作用,这种调控作用可通过负反馈机制实现。研究表明,将胰液从动物十二指肠移走或采食含胰蛋白酶抑制剂的日粮能促进胰腺的外分泌部作用,而当重

新将胰液引入十二指肠或将胰蛋白酶灌注入十二指肠,胰腺的分泌又会显著降低。胰腺分泌的这种调控方式称为负反馈机制。根据负反馈机制可知,凡是能影响十二指肠蛋白质组成或蛋白酶活性的因素,都可影响胰腺消化酶的分泌,主要包括蛋白酶抑制因子、日粮的蛋白水平及外源性蛋白酶等。外源性蛋白酶随食物经口腔、食管和胃进入十二指肠,在此过程中,由于受到各种因素特别是胃酸和胃蛋白酶的作用,中性外源蛋白酶的活性可能会下降。进入十二指肠后,外源蛋白酶与胰腺分泌的内源蛋白消化酶相混合,由于二者同为蛋白质,又同是蛋白酶,可能会出现相互降解的现象。另外,二者混合会影响肠道内蛋白酶的总酶活,有可能影响对 CCK 释放因子的降解,从而影响 CCK 的分泌。CCK 分泌的多少直接影响胰腺蛋白酶的分泌与合成。研究表明,外源酶能补充动物内源酶的不足,并刺激内源酶分泌。奚刚(1999)报道,在乌骨鸡的玉米-豆粕型日粮中添加外源酶可显著提高小肠胰蛋白酶和总蛋白水解酶活性,分别提高 9.45 %和 13.5 %,在高麦麸日粮(30 %)中添加外源酶可显著提高肉鸡肠道胰蛋白酶和 α -淀粉酶活性,分别提高 46.5 %和 79.8 %。艾晓杰等(1995)用装有胰腺-十二指肠永久性痿管的成年鹅试验,饲喂大麦基础日粮,添加 0.1 %粗酶制剂的试鹅昼夜胰液分泌量降低 17.67 %,蛋白酶的活力提高 45.33 %。由此可见,外源性的添加酶制剂可影响动物内源酶的活性与分泌。

肠道内蛋白酶活性的变化还会影响蛋白质的消化程度,从而影响吸收入血液中的氨基酸水平的变化,而血液中氨基酸水平与胰腺蛋白的合成密切相关。胰腺蛋白的合成包括胰腺蛋白酶的合成,因此,日粮中添加外源蛋白酶可能通过这种途径影响胰腺的合成。

在诸多消化液中,胰液是最重要的消化液之一。若胰液分泌障碍,即使其他消化液分泌正常,动物食物中的脂肪和蛋白质仍不能完全消化,这样会影响动物的生长发育,从而给生产带来很大的影响。了解影响胰腺分泌的各种因素,可通过主动调控这些因素来调节胰液分泌,达到促进动物消化吸收,提高动物增质量的目的。

通讯地址:江苏南京农业大学动物科技学院王恬实验室 210095