

肠道屏障功能及其评价指标的研究进展

胡红莲, 高 民*

(内蒙古农牧业科学院动物营养研究所, 内蒙古呼和浩特 010031)

摘要:肠道不仅是机体消化、吸收营养物质的主要场所,也是机体重要的防御屏障,是宿主防御的关键部位。本文综述了近年来关于肠道屏障功能及其常用评价指标的研究进展。

关键词:肠道屏障;功能;评估

中图分类号:S814.5

文献标识码:A

文章编号:0258-7033(2012)17-0078-05

肠道是动物机体特殊的功能性器官,不仅具有消化食物、吸收营养的功能,还具有肠黏膜屏障功能,能阻止肠腔内细菌、毒素等有害物质侵入体内。肠黏膜屏障是指肠道能防止肠腔内的有害物质如细菌和内毒素穿过肠黏膜进入体内其他组织器官和血液循环的结构和功能的总和。肠道屏障功能主要是由肠黏膜屏障来实现的。肠黏膜屏障由机械屏障、化学屏障、免疫屏障与生物屏障共同构成,其中最为关键的是机械屏障和免疫屏障。完整的肠道屏障是防止肠道内有害物质和病原体进入机体内环境,并维持机体内环境稳定的一道重要屏障,是机体防御功能的一道重要防线。当肠黏膜屏障损伤时,肠道中的微生物和内毒素等便可突破肠黏膜屏障,进入血液引起细菌、内毒素移位,促进肠原性感染的发生,甚至发展为全身性炎症反应综合症或多器官功能衰竭^[1-2]。大量研究表明,临床上许多疾病的发生、发展与转归都与肠道屏障损伤有关,因而研究者在临床和动物试验上对肠道屏障功能进行了广泛研究,成为近年来研究热点之一。本文就肠道屏障功能及其评价方法进展作如下综述。

1 肠道屏障功能

1.1 机械屏障 又称为物理屏障,主要由肠黏膜表面的粘液层、肠上皮细胞及其紧密连接、黏膜下固有层等组成。肠黏膜上皮结构的完整性决定肠黏膜机械屏障功能的健全程度。粘液层是上皮机械屏障的第一道防线,也是消化吸收的重要部位,还可为专性

厌氧菌的生长及粘附提供适宜的环境,阻止潜在致病菌的定植。其主要成分为粘蛋白,由吸收细胞分泌。粘液层的表面还分布着具有保护作用的磷脂,不仅提供了机械性的保护层,因其具有疏水性还可以降低大分子物质的通透性,可抵制毒素的侵袭^[3]。肠上皮细胞及其紧密连接:肠道上皮为单层柱状上皮,包括吸收细胞(absorptive cell)、杯形细胞(goblet cell)、潘氏细胞(paneth cell)和未分化细胞。吸收细胞含量最多,成高柱状,相邻细胞顶部之间有紧密连接、中间连接等构成的连接复合体,起着主要的机械屏障作用。紧密连接是由上皮细胞膜中的蛋白质颗粒融合形成的分支及吻合构成,可以封闭细胞之间约20 nm的间隙,防止肠腔内有毒物质渗透到周围组织中,还可起到控制离子定向转运和大分子吸收的作用。黏膜下固有层:黏膜上皮下方是结缔组织和固有层的支持组织,固有层中含有成纤维细胞、浆细胞、巨噬细胞、嗜酸性粒细胞、肥大细胞及淋巴细胞等,与黏膜上皮细胞共同组成屏障功能单位。此外,肠道正常的蠕动可以防止肠腔内容物的瘀滞和细菌的过度增殖,保持肠黏膜绒毛细胞间的紧密连接,对于维持正常的肠屏障功能具有重要意义^[4]。

1.2 化学屏障 肠道分泌的胃酸、胆汁、各种消化酶、溶菌酶、粘多糖、糖蛋白和糖脂等化学物质,也具有屏障作用,称之为化学屏障。胃酸能够杀灭经口入侵的细菌,抑制细菌在肠道上皮的粘附和定植。胆汁中的胆盐可与内毒素结合,胆酸可降解内毒素分子,胆汁中的sIgA可包绕细菌,阻断其粘附。溶菌酶能破坏细菌的细胞壁,使细菌裂解。肠道分泌的大量消化液可稀释毒素,冲洗清洁肠腔,使潜在的条件致病菌难以粘附到肠上皮上。肠黏膜中杯状细胞分泌液中所含的糖蛋白和糖脂,是细菌粘附受体的类似物,可以改变细菌的进攻位点,使细菌与分泌物

收稿日期:2011-11-29;修回日期:2012-03-02

资助项目:国家青年自然科学基金(31101739);内蒙古自治区农牧业科学院青年创新基金(2011QNJJM03)

作者简介:胡红莲(1977-),女,内蒙古巴彦淖尔人,博士

*通讯作者

中糖蛋白、糖脂结合,然后随粪便排出。

1.3 免疫屏障 肠道是机体接触外界抗原物质最广泛的部位,也是机体中最大的免疫器官。肠道的免疫防御系统主要由肠道相关淋巴组织(gut-associated lymphatic tissue, GALT)构成,肠道相关淋巴组织分为组织性淋巴样组织及散在于整个肠壁的淋巴细胞,主要包括有PP结(peyer patches)、肠黏膜孤立淋巴小结、弥散于肠黏膜的巨噬细胞、T辅助细胞、B细胞、浆细胞和上皮内淋巴细胞等^[5]。肠道免疫系统中起核心作用的是分泌性IgA(secretory IgA, sIgA)。sIgA相对分子质量为36000,主要由淋巴细胞和浆细胞产生,分布于肠黏膜表面,是肠道分泌物中含量最丰富的免疫球蛋白,是阻止病原体入侵的主要免疫防御因子。肠道中sIgA的主要功能是阻止病原体在肠黏膜表面的粘附,中和细菌产生的毒素,中和病毒,增强具有FC受体细胞的吞噬功能,并与补体和溶菌酶协调抗菌。肠道中sIgA减少,可使肠黏膜抗感染免疫屏障功能下降,增加了肠道细菌和内毒素与黏膜上皮细胞相互作用的机会,促进了细菌移位和内毒素吸收。有研究表明,锌过量时大鼠肠黏膜固有层IgA浆细胞数量减少,其合成和分泌IgA的能力削弱,黏膜抗体sIgA减少,黏膜免疫能力下降,是肠道感染或肠源性感染的根源之一^[6]。除了IgA外,肠黏膜上皮细胞还可以分泌IgE、IgM、IgG等免疫球蛋白,在肠道体液免疫中发挥重要作用。IgE在动物与肠黏膜吸收的抗原相互作用中有重要意义,也是肠道过敏反应的重要原因,IgM也具有肠道黏膜保护作用,IgM在炎症反应的发病机制中以及某些肠道疾病的组织损伤中起一定作用^[7]。

1.4 生物屏障 动物肠道内存在着多种大量的正常微生物,这些共生的菌群通过与肠黏膜黏附或者结合,形成生物屏障。正常菌群在动物内环境中的定居、繁殖与宿主保持着共生的关系,为宿主提供营养成分,维持肠道微生态平衡。同时它们在动物体内还能增强宿主的黏膜免疫功能,促进免疫器官的发育成熟,提高特异性和非特异性免疫功能,增强巨噬细胞活性及细胞因子介导素的分泌,增强红细胞的免疫功能^[8]。对肠道屏障起重要作用的微生物主要是一些专性厌氧菌,包括乳酸杆菌、双歧杆菌。这些专性厌氧菌通过粘附作用与肠上皮紧密结合,形成菌膜屏障,可以竞争抑制肠道中致病菌与肠上皮结合,抑制它们的定植和生长;也可分泌醋酸、乳酸、短链脂肪酸等,降

低肠道pH值与氧化还原电势及与致病菌竞争利用营养物质,从而抑制致病菌的生长。Buitzingslowen等^[9]研究发现,用5-氟尿嘧啶治疗后的老鼠,肠道兼性厌氧菌数量明显增加,移位到肠系膜淋巴结的肠道细菌数量也增加,说明肠道菌群紊乱,会改变肠黏膜通透性,影响肠黏膜屏障功能。

2 肠道屏障功能的评估方法

目前检测肠黏膜屏障功能的手段主要有测定肠黏膜通透性、血浆内毒素、血浆D-乳酸水平、血浆二胺氧化酶活性等方法。

2.1 肠道通透性测定 肠道通透性(intestinal permeability, IP)是指肠黏膜上皮容易被某些物质分子以非载体或通道介导的被动扩散方式通过的特性,临床上主要指相对于分子量大于150道尔顿的分子物质通过肠黏膜的能力^[10],而不是离子(如Na⁺、Cl⁻等)的渗透。肠黏膜通透性改变可准确反映肠黏膜的损伤程度,是监测肠道屏障功能的重要指标^[10-11]。肠黏膜通透性增加,表明肠黏膜完整性被破坏,肠道屏障功能受损^[12]。

肠道通透性是反映机械屏障最主要的指标,肠道通透性的检测被广泛应用于临床与基础研究中。目前常用于肠道通透性的测定方法有以下几种。

2.1.1 糖分子探针检测 目前用来检测肠道通透性改变的分子探针主要有糖类、同位素及聚乙二醇类。以非代谢性的低聚糖为探针的肠道通透性检测方法在临床最为常用,其中又以双糖分子乳果糖/甘露醇(Lactulose/Mannitol, L/M)探针为代表和最常用,尿中L/M比值增高表明肠道通透性增高,黏膜机械屏障功能受损。

糖分子探针包括鼠李糖、甘露醇、乳果糖、纤维二糖、葡聚糖等,这些糖在体内无法代谢,并快速经尿排出。由于糖探针在尿液中的浓度比血浆高约100倍,因此易于检测。与其他几种糖分子探针相比,甘露醇和乳果糖回收率较高,受肠腔内渗透压影响较小,是比较理想的两种糖分子探针^[13],其乳果糖/甘露醇排出率比值是目前国际通用的测定肠道通透性的指标。甘露醇是单糖(分子量182,直径0.67 nm),分子较小,主要通过肠黏膜细胞膜上的水溶性微孔而吸收。而乳果糖是双糖(分子量342,直径0.92 nm),分子较大,主要通过肠黏膜细胞间的紧密连接而吸收,这也是细菌及其内毒素通过肠黏膜的途径,因此乳果糖的通透性可反映肠黏膜的屏障功能。而且由于乳果糖和甘露醇结构稳定,在体内不代谢,

在尿中以原型等量排出,呈游离状态,又无毒性,无免疫原性,因此通过口服这2种双糖,然后测定尿乳果糖与甘露醇吸收比能准确地反映肠黏膜通透性的变化,是一种无创的诊断肠黏膜屏障功能的方法。尿LM比值增大,说明肠黏膜紧密连接部不完整,通透性增高,肠屏障功能受到损害。近年来,用于测定尿液乳果糖与甘露醇含量的方法有比色法、气相色谱法、液相色谱法、酶法和光谱法等,其中气相和液相色谱法由于其分析快速、准确,已被广泛用于肠道通透性检测。

2.1.2 聚乙二醇类探针 在医学临床研究中,利用不同分子量的聚乙二醇类(polyethylene glycol, PEGs),包括PEG-400、PEG-600、PEG-1000、PEG-4000等分别为探针测定急性胰腺炎、肝硬化、炎症性肠病、恶性肿瘤等的研究中,此类探针兼有水溶性和一定的脂溶性,在肠道吸收时易受肠道渗透压的影响,因而限制了其临床应用。测定PEG分子探针的方法均为色谱法。

2.1.3 同位素探针 用于肠道通透性测定的同位素探针主要包括 ^{51}Cr -EDTA、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA和 ^{125}I -清蛋白,其优点在于容易检测,但结果易受影响,准确性差,而且这些探针具有放射性,对人体及动物机体有一定的损害,妨碍了其在临床上的应用,目前仅应用于体外或动物实验中^[13]。张军民等^[14]通过给仔猪口服 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA探针溶液,然后收集24 h的尿液检测其尿中排泄百分比来测定肠道通透性。

2.1.4 血浆D-乳酸测定 D-乳酸是细菌发酵的代谢产物,肠道多种细菌均可产生,而哺乳动物自身即不产生D-乳酸,也没有代谢D-乳酸的酶类。生理状态下血中D-乳酸主要来源于肠道,且水平较低。当肠道屏障功能受损时,肠道中大量D-乳酸可通过受损的肠黏膜进入血液循环系统,使血浆D-乳酸水平升高。因此,监测血浆中D-乳酸水平可及时反映肠黏膜损害程度和通透性变化。动物实验表明,大鼠急性肠道缺血引起的肠黏膜损伤可使血浆D-乳酸浓度迅速升高,随着缺血时间的延长,肠屏障损伤程度的加重,D-乳酸浓度持续增高。刘牧林等^[15]和乔治等^[16]研究表明,血浆D-乳酸含量与肠黏膜损伤评分值和血浆内毒素水平呈显著正相关。提示血浆D-乳酸水平可作为反映肠道屏障中机械屏障的功能状态,判断肠道内毒素和细菌移位的重要指标^[13]。当前,D-乳酸含量的检测方法主要是酶法和紫外分光光度法。

2.1.5 体外Ussing chamber系统 (51年,Ussing和Zehran等人首次将Ussing chamber(尤斯灌流室)介绍于世,其

主要功能是通过微电极检测整个细胞膜离子通道变化的电流信号,来反映肠道药物吸收、通透性和分泌情况的变化,其应用主要集中在药学领域^[8]。随着Ussing chamber在工艺设计方面的不断改良,这一技术已被广泛的应用于所有的上皮组织研究,当前其应用研究热点之一是胃肠道屏障功能的研究,被许多学者誉为胃肠道屏障功能研究的金标准。它既可以应用于研究胃肠道上皮通透性、内毒素及细菌移位的途径和机制,亦可用于研究谷氨酰胺和益生菌等保护肠道屏障功能的机制^[17]。该技术模拟胃肠道生理环境、操作简单,在将来会有越来越广泛的应用。

利用Ussing chamber系统,通过检测同位素标记或荧光素标记的大分子物质通过胃肠道上皮的比例已成为研究胃肠道通透性的主要途径。Penner等^[18]利用Ussing chamber系统研究了亚急性瘤胃酸中毒对瘤胃上皮屏障功能的影响,试验中将瘤胃上皮组织取出置入Ussing chamber中进行离体研究,通过测量离体瘤胃上皮的跨膜电位差(trans epithelial potential difference, PD)、短路电流(short-circuit current, I_{sc})、组织导电性(tissue conductance, G_t)、 ^3H -甘露醇从浆膜侧至黏膜侧的流速(the serosal to mucosal mannitol flux rate)等,其研究发现轻微亚急性瘤胃酸中毒在短期内并没有影响瘤胃上皮的屏障功能,但随着酸度的增加,瘤胃上皮通透性明显提高,进而又降低了瘤胃上皮的屏障作用。

2.2 血浆二胺氧化酶活性测定 二胺氧化酶(Diamine oxidase, DAO)是人和所有哺乳动物肠黏膜上皮绒毛中具有高度活性的细胞内酶,以小肠活性最高,在其它组织或细胞中几乎不存在。生理状态下血浆中DAO活性很低,因此,DAO活性能反映肠上皮细胞成熟度和完整性,是显示肠黏膜屏障功能状态的敏感性指标^[19]。当肠黏膜细胞受损,黏膜屏障结构破坏时,肠上皮释放DAO大量入血,或随坏死脱落的肠黏膜细胞进入肠腔内,导致血浆和肠腔DAO活性增高而肠黏膜中DAO活性降低。因此在临床和实验动物研究中,通过测定血和黏膜组织中DAO活性变化,反映肠道的黏膜屏障,尤其在无创情况下测定血浆DAO活性能更直接地反映肠上皮细胞及肠黏膜屏障结构的损伤程度,是监测肠道屏障功能的重要指标。当肠屏障功能受损时,血浆DAO活性升高,而且血浆DAO活性升高的时相早于内毒素和D-乳酸,说明血浆DAO活性作为反映肠屏障功能损伤的指标具有特异性强,灵敏度高,是反映肠黏膜结构完整性较理想的指标^[13]。

黎君友等^[20]通过模拟临床创伤模型发现,尿乳果糖/甘露醇比值、血DAO活性以及肠黏膜下pHi均能敏感反映肠屏障功能损伤程度,但以DAO法更快速敏感,认为DAO活性测定是监测小肠屏障功能的理想指标。目前DAO的测定方法主要包括:(1)¹⁴C(³H)腐胺测定法,是一种放射性的测定方法,有较高的灵敏度;(2)分光光度法,是国内应用最多的一种方法,具有简便、经济、快速、结果稳定、重复性好的特点;(3)夹心ELISA法,用免疫组织化学方法检测血DAO含量,具有灵敏、简便、易推广应用的特点。

2.3 肠道细菌移位 肠道细菌移位是指原存在于肠腔内的细菌,通过某种途径越过肠黏膜屏障,进入肠系膜淋巴结、门静脉系统,继而进入体循环以及肝、脾、肺等远隔器官的过程,其结果可触发全身炎症反应乃至多器官功能衰竭。反过来多器官功能衰竭又可加重肠黏膜坏死或萎缩和细菌移位,造成恶性循环。大量实验及临床观察表明,肠黏膜通透性增高,细菌和内毒素能穿越损伤的肠黏膜进入血液,可导致细菌移位和内毒素血症,而侵入血液循环的细菌和内毒素再作用于肠黏膜,进一步加重肠黏膜屏障受损,导致肠黏膜通透性持续增高,如此形成恶性循环。可见,肠道细菌的移位是由于肠道黏膜屏障功能损伤所致,肠黏膜屏障功能损伤是肠源性细菌移位的重要促发因素。Maqnotti等^[4]研究表明,肠道细菌移位是肠道黏膜功能障碍的突出表现,检测肠道细菌移位可以间接反映肠黏膜的整体屏障功能。常用的检测细菌移位的方法有细菌培养法、标记细菌示踪法、聚合酶链式反应(PCR)法等。

2.4 血浆内毒素测定 内毒素是革兰氏阴性菌细胞壁中的脂多糖,在细菌代谢过程中或死亡后分解释放,由寡糖支链和类脂A组成,前者为核心多糖,后者是内毒素分子的主要毒性部分,可与机体细胞生物膜上的磷脂相互作用,产生多种生物活性。内毒素主要来源于肠道菌群代谢,正常情况下,生理功能完整的肠黏膜对细菌和内毒素构成屏障作用,内毒素难于进入血液循环。当肠屏障受损导致黏膜通透性增加时,内毒素通过肠黏膜进入机体循环系统,可引起机体一系列生理病理改变。Liu等^[21]研究发现,内毒素可损伤肠黏膜,表现为肠道的结构及功能受损,同时肠道内释放大量的炎症介质。内毒素是引起肠黏膜损害的重要细菌产物,Maqnotti等^[4]研究表明,血浆内毒素含量升高是肠道通透性改变和肠黏膜屏障功能障碍的突

出表现。目前检测内毒素的较常用方法是鲎试剂偶氮显色法,具有可定量、重复性好、灵敏度高优点,但其检测条件要求高,易出现假阴性和假阳性。近来有内毒素测定仪应用于临床,使检测更为方便。

2.5 肠道黏膜组织学观察 肠黏膜组织学观察是一种公认的评价肠黏膜屏障功能最常用和最直接的方法,包括光学显微镜、扫描电镜、透视电镜等,其中光学和电子显微镜是观察肠黏膜改变最常用的方法,能够较准确地观察肠黏膜上皮形态结构的变化情况。扫描电镜常用于观察肠黏膜上皮细胞表面微绒毛的排列情况和柱状上皮细胞内细胞器变化情况。透视电镜则常用于观察肠上皮细胞表面微绒毛排列是否整齐,柱状上皮细胞结构是否完整,细胞质内细胞器是否异常等。可见,通过光学和电子显微镜等方法可直接观察肠道上皮细胞形态、绒毛结构、排列及细胞内细胞器变化情况,这些指标的变化在一定程度上可反映肠道黏膜机械屏障的损伤,多适用于动物实验研究。

综上所述,肠道屏障能阻止肠道内细菌和毒素进入血液,是机体最重要的屏障,因而选择适当的检测指标,建立正确有效地监测方案,对维护机体健康具有重要意义。目前对于肠道屏障损伤机制的深入研究取得了许多进展,但有关这方面的研究主要集中于人类医学和单胃动物上,在反刍动物上的研究比较少见。认识到肠道屏障功能的重要性,采取积极保护措施,可以有助于减少细菌、内毒素移位,减少疾病的发生。

参考文献:

- [1] Gosain A, Gamelli R L. Role of the gastrointestinal tract in burn sepsis [J]. *J Burn Care Rehabil*, 2005, 26: 85-91.
- [2] Nagpal K, Minocha V R, Agrawal V, *et al*. Evaluations of intestinal mucosal permeability function in patients with acute pancreatitis [J]. *Am J Surgery*, 2006, 192: 24-28.
- [3] 谭小冀. 急性肝功能衰竭大鼠肠道屏障的损伤与保护[D]. 北京: 首都医科大学, 2005.
- [4] Maqnotti L J, Deitch E A. Burns, bacterial translocation, gut barrier function, and failure [J]. *J Burn Care Rehabil*, 2005, 26(5): 383-391.
- [5] 余锐萍, 高齐瑜, 王彩虹. 肠相关性淋巴样组织研究概括[J]. *动物医学进展*, 2002, 23(4): 29-33.
- [6] 罗治彬, 吴嘉惠, 徐采朴. 中毒剂量锌对大鼠小肠黏膜抗体产生的影响[J]. *世界华人消化杂志*, 2000, 8(3): 363.
- [7] 吴国豪. 肠道屏障功能[J]. *肠外与肠内营养*, 2004, 11(1): 44-47.
- [8] Baumgart D C, Dignass A U. Intestinal barrier function [J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2002, 5(6): 685-694.
- [9] Bultzingslowen V I, Adlerberth I, Wold A E, *et al*. Oral and intestinal microflora in 5-fluorouracil treated rats, translocation to cervical and mesenteric lymph nodes and effects of probiotic

- bacteria[J]. *Oral Microbiol Immun*, 2003, 18(5): 278-284.
- [10] Travis S, Menzies I. Intestinal permeability: functional assessment and significance [J]. *Clin Sci*, 1992, 82(5): 471-488.
- [11] Doig C J, Sutherland L R, Sandham J D, *et al*. Increased intestinal permeability is associated with the development of multiple organ dysfunction syndrome in critically ill ICU patients [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1998, 158: 441-451.
- [12] 刘坚, 侯永清, 丁斌鹰, 等. α -酮戊二酸对脂多糖应激断奶仔猪空肠黏膜蛋白合成和抗氧化能力的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2010, 46(11): 35-38.
- [13] 李维勤, 刘海燕, 黎介寿. 肠道屏障功能的检测及其诊断价值[J]. *诊断学理论与实践*, 2009, 8(5): 479-480.
- [14] 张军民, 高振川. 谷氨酰胺对饲喂大豆仔猪肠道通透性和消化能力的影响[J]. *中国兽医学报*, 2002, 22(1): 96-98.
- [15] 刘牧林, 张嘉, 刘瑞林, 等. 肠脂肪酸结合蛋白和血D-乳酸早期判断肠缺血-再灌注损伤的试验研究 [J]. *中华创伤杂志*, 2006, (2): 767-770.
- [16] 乔治, 黎沾良, 李基业, 等. 腹部外科手术术后肠道细菌移位及肠道屏障的研究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2004, 13(10): 664-666.
- [17] 杨振, 秦环龙. Ussing chamber 在肠道屏障功能研究中的进展[J]. *肠外与肠内营养*, 2006, 13(4): 233-236.
- [18] Penner G B, Oba M, Gabel G, *et al*. A single mild episode of subacute ruminal acidosis does not affect ruminal barrier function in the short term[J]. *J Dairy Sci*, 2010, 93: 4838-4845.
- [19] 程君涛, 肖光夏, 冯智, 等. 腹内高压致肠黏膜屏障损伤的实验研究[J]. *中华烧伤杂志*, 2006, 22(2): 83-87.
- [20] 黎君友, 吕艺, 胡森, 等. 小肠屏障功能监测的实验研究[J]. *创伤外科杂志*, 2001, 3(2): 109-110.
- [21] Liu Y L, Huang J J, Hou Y Q, *et al*. Dietary arginine supplementation alleviates intestinal mucosal disruption induced Escherichia coli lip polysaccharide in weaned pigs [J]. *Br J Nutr*, 2008, 100: 552-560.

Research Advance in Intestinal Barrier Function and Evaluation Index

HU Hong-lian, GAO Min*

(Animal Nutrition Institute, Inner Mongolia Academy of Agriculture and Animal Sciences, Inner Mongolia Huhhot 010031, China)

Abstract: Intestinal tract is not only the main site of digestion and absorption of nutrients, also an important defensive barrier of body and a key site of host defense. The goal of this review is to provide the progress on intestinal barrier function and commonly used methods to evaluate intestinal barrier function.

Key words: intestinal barrier; function; evaluation



中粮营养健康研究院动物营养与饲料研究中心

招聘职位说明书

中粮营养健康研究院是中粮集团深入贯彻落实中央建设创新型国家战略部署, 加快引进海外高层次人才, 加大科技创新力度, 打造具有国际水准的全产业链粮油食品企业而在北京未来科技城建设的世界一流的人才创新创业基地。中粮营养健康研究院立足生命科学、致力营养健康, 以客户为导向, 科技支撑产业链、研发创新好产品, 引领中国人的饮食生活方式, 最终达到促进全民健康, 提高中国人寿命的目的。

研究院下设的动物营养与饲料研究中心将以食品生产全产业链下的安全高效的动物生产为研究目标, 力争打造成国际一流的动物营养研究中心。目前招聘以下职位。

职位: 主任研究员

直接报告人: 中心负责人

学历要求

◇ 动物营养/生理生化/生物工程/饲料加工/兽医学等相关学科

◇ 国外或国内知名大学的博士学位

◇ 具有跨学科研究和学习经历者优先

经验要求

◇ 深刻理解行业的技术趋势

◇ 深入了解食品产业链及动物生产领域存在的技术需求

◇ 具有企业研发管理经验者优先

核心能力要求

◇ 对未知和不确定性具有较强的探索和承受能力

◇ 良好的沟通能力和协作精神

◇ 优秀的团队领导和合作能力

◇ 独立, 自信, 勤奋, 自律

◇ 流利的英文听/说/读/写能力

工作职责

◇ 制定所领导科研组的战略规划

◇ 协助中心负责人确定具体项目的立项和预算制定和控制

◇ 负责具体科研项目的执行和跟踪

◇ 负责相关领域的学科前沿信息的跟踪和报告

◇ 负责所领导科研组的人员绩效考评和管理

工作条件

◇ 本职位要求强烈的创新意识和能力, 同时能够通过有效沟通,

充分利用各方面的资源, 实现目标

◇ 每周工作40小时, 但需要相当的时间弹性

◇ 20-30%的时间到生产现场进行试验和走访

职位: 副主任研究员

直接报告人: 主任研究员

学历要求

◇ 动物营养/生理生化/生物工程/饲料加工/兽医学等相关学科

◇ 国外或国内大学的博士或硕士学位

◇ 具有跨学科研究和学习经历者优先

经验要求

◇ 了解动物生产行业, 并了解该行业的技术需求

◇ 有兴趣进行该领域的科学研究, 并立志以此作为职业发展目标

◇ 具有企业研发管理经验者优先

核心能力要求

◇ 对未知和不确定性具有较强的探索和承受能力

力

◇ 将科学研究转化为产品的创造力

◇ 崇尚团队和协作精神

◇ 独立, 自信, 勤奋, 自律

◇ 流利的英文阅读和沟通能力

工作职责

◇ 协助科研组负责人制定研发的战略计划

◇ 负责具体科研项目的执行和跟踪

◇ 相关领域的学科前沿信息的和报告跟踪

◇ 协助项目负责人完成日常管理

工作条件

◇ 本职位要求强烈的创新意识和能力

◇ 每周工作40小时, 但需要相当的时间弹性

◇ 30-40%的时间到生产现场进行试验和走访

如有意向, 请发简历到 jiangsiran@cofco.com