

文章编号 1006-8147(2022)02-0169-05

论 著

# 儿童过敏性疾病血清过敏原特异性 IgE 检测分析的 临床意义

胡天一<sup>1</sup>, 陶枫<sup>2</sup>

(1. 天津市公安医院儿科, 天津 300042; 2. 天津医科大学总医院儿科, 天津 300052)

**摘要** 目的:探讨儿童过敏性疾病血清过敏原 sIgE 检测的临床意义。方法:收集天津市公安医院儿科门诊就诊的过敏性疾病患儿, 607 例患儿应用酶联免疫吸附实验检测吸入性过敏原 sIgE, 其中男 384 例, 女 223 例; 629 例患儿检测食物性过敏原 sIgE, 其中男 383 例, 女 246 例。了解患儿静脉血吸入性和食物性过敏原 sIgE 的浓度, 判断患儿的过敏原以及过敏程度, 并进行统计学分析。结果:吸入性过敏原 sIgE 阳性者 562 例, 阳性率 92.6%; 食物性过敏原 sIgE 阳性者 506 例, 阳性率 80.4%; 吸入过敏原 sIgE 比食物过敏原 sIgE 阳性率高 ( $\chi^2=38.8, P<0.01$ )。男童的吸入性过敏原包括昆虫混合(蟑螂、蚊子、跳蚤) sIgE 阳性率明显高于女童 ( $\chi^2=5.29, <0.05$ ); 男童的树木混合 1(梧桐、桦树、枫树、桑树) sIgE 阳性率明显高于女童 ( $\chi^2=12.14, <0.01$ ); 树木混合 2(榆树、柳树、棉白杨) sIgE 阳性率明显高于女童 ( $\chi^2=24.17, <0.01$ ); 各种食物性过敏原 sIgE 的阳性率男童和女童无差异。检测显示本地区吸入过敏原 sIgE 霉菌阳性率最高, 螨虫第二, 树类第三。食物过敏原 sIgE 鸡蛋阳性率最高, 牛奶第二, 豆类第三。吸入过敏原 sIgE 多重阳性率高于食物过敏原 sIgE 多重阳性率 ( $\chi^2=25.8, P<0.01$ )。607 例吸入性过敏原 sIgE 检测阳性率前 3 名中, 霉菌和树木混合 1 不同年龄阳性率无差别; 螨虫 6 岁以上儿童阳性率大于 1~6 岁儿童 ( $\chi^2=5.55, P<0.05$ ); 629 例食物性过敏原 sIgE 检测前 3 名中, 鸡蛋、奶混合、豆类不同年龄阳性率均无差别。结论:对于过敏性疾病患儿检测血清过敏原 sIgE 可以明确过敏原, 为患儿实行特异性免疫治疗提供依据。

**关键词** 过敏性疾病; 过敏原; 儿童特异性 IgE

中图分类号 R593.1

文献标志码 A

## Clinical significance of detection and analysis of serum allergen-specific IgE in children with allergic diseases

HU Tian-yi<sup>1</sup>, TAO Feng<sup>2</sup>

(1. Department of Pediatrics, Tianjin Public Security Hospital, Tianjin 300042, China; 2. Department of Pediatrics, General Hospital, Tianjin Medical University, Tianjin 300052, China)

**Abstract Objective:** To explore the clinical significance of detecting serum allergen-specific IgE in children with allergic diseases.

**Methods:** Children with allergic diseases in pediatric outpatient department of Tianjin Public Security Hospital were collected, and 607 children with inhaled allergen sIgE were detected by enzyme-linked immunosorbent assay, including 384 males and 223 females. The food allergen sIgE was detected in 629 children, including 383 males and 246 females. The concentration of inhaled and food allergen sIgE in venous blood of children were understood, the allergen and allergic degree of children were determined, and statistical analysis was conducted. **Results:** 562 cases of inhaled allergen sIgE were positive, the positive rate was 92.6%; 506 cases of food allergen sIgE were positive, the positive rate was 80.4%. The positive rate of inhaled allergen sIgE was higher than that of food allergen sIgE ( $\chi^2=38.8, P<0.01$ ). The positive rate of inhaled allergens including mixed insects (cockroaches, mosquitoes and fleas) in boys was significantly higher than that in girls ( $\chi^2=5.29, P<0.05$ ). The positive rate of sIgE in mixed tree 1 (phoenix tree, birch tree, maple tree and mulberry tree) of boys was significantly higher than that of girls ( $\chi^2=12.14, P<0.01$ ). The sIgE positive rate of mixed 2 trees (Elm, Willow and Cotton Poplar) of boys was significantly higher than that of girls ( $\chi^2=24.17, P<0.01$ ). There was no difference in the positive rate of sIgE among different food allergens between boys and girls. The results showed that the positive rate of sIgE positive mold was the highest in this area, followed by mites and trees. The positive rate of food allergen sIgE eggs was the highest, followed by milk and beans. The multiple positive rate of inhaled allergen sIgE was higher than that of food allergen sIgE ( $\chi^2=25.8, P<0.01$ ). Among the top three positive rates of sIgE detection in 607 cases of inhaled allergens, there was no difference in the positive rates among different ages of mold and mixed trees. The positive rate of mites in children over 6 years old was higher than that in children aged 1~6 years old ( $\chi^2=5.55, P<0.05$ ). Among the top three of 629 food allergen sIgE tests, there was no difference in the positive rates of eggs, mixed milk and beans at different ages. **Conclusion:** Detection of serum allergen sIgE in children with allergic diseases can identify allergens and provide basis for specific immunotherapy for children.

**Key words** allergic disease; allergen; children specific IgE

作者简介 胡天一(1972-), 女, 副主任医师, 硕士, 研究方向: 儿童过敏性疾病以及呼吸系统疾病等; 通信作者: 陶枫, E-mail: tf9912@aliyun.com。

过敏性疾病是一个系统性疾病,主要包括过敏性鼻炎、过敏性结膜炎、湿疹、荨麻疹、支气管哮喘、过敏性休克<sup>[1]</sup>等,这些疾病严重危害儿童的健康,干扰儿童正常的生长发育,造成儿童死亡风险增加<sup>[2]</sup>。过敏原是引起 I 型过敏反应的抗原性物质,包括吸入过敏原和食物过敏原等。免疫球蛋白 E(IgE)为亲细胞抗体,是引起 I 型过敏反应的罪魁祸首。血清中 IgE 的含量只占总免疫球蛋白量的 0.004%,但其抗体活性极强,在抗原刺激下机体产生特异性 IgE(sIgE),在合成后很快结合于具有高亲和力 Fc 受体的细胞上,一旦相应抗原再次进入机体后,则发生过敏反应。对这些儿童,检测血清过敏原 sIgE 至关重要。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 收集自 2013 年 10 月—2021 年 4 月来我院门诊就诊的患儿,均被诊断为过敏性疾病,共 703 例患儿,包括过敏性鼻炎 305 例、支气管哮喘 223 例、过敏性结膜炎 35 例、严重湿疹 83 例、荨麻疹 57 例,病程 1 个月~8 年,年龄 1~14 岁。

## 1.2 方法

1.2.1 检测项目 吸入过敏原 sIgE 抗体筛查检测 10 项 32 种,包括螨混合(屋尘螨、粉尘螨)、昆虫混合(蟑螂、蚊子、跳蚤)、霉菌混合(点青霉、总状毛霉、交链孢霉、白色念珠菌)、树木混合 1(梧桐、桦树、枫树、桑树)、树木混合 2(榆树、柳树、棉白杨)、草混合(花草、猫尾草、六月草、鸭茅)、蒿属混合(艾蒿、青蒿、蒲公英、雏菊)、豚草混合(普通豚草、巨大豚草)、毛混合(猫毛、鸽子毛、鹅毛)、上皮混合(狗上皮、兔上皮、鼠上皮)。

食物过敏原 sIgE 抗体筛查检测 10 项 30 种,包括谷物混合(小麦、燕麦、大麦)、坚果混合 1(花生、瓜子)、鸡蛋(蛋清、蛋黄)、豆混合(大豆、绿豆、黑豆、豌豆)、奶混合(牛奶、羊奶)、蔬菜混合(西红柿、胡萝卜、大蒜、葱)、鱼(鳕鱼、鲤鱼、鲈鱼)、虾(虾、龙虾)、海鲜混合(蟹、蛤、扇贝、螺)、坚果混合 2(榛子、胡桃、腰果、松子)。

检测吸入性过敏原 sIgE 的患儿共 607 例;检测食物性过敏原 sIgE 的患儿共 629 例;两类过敏原 sIgE 全部检测的患儿共 533 例,96 例单独检测食物过敏原 sIgE,74 例单独检测吸入性过敏原 sIgE。

1.2.2 仪器与试剂 检测试剂盒为过敏原 sIgE 抗体检测试剂盒(酶联免疫法),苏州浩欧博生物医药有限公司生产。

1.2.3 检测方法 采用抽取患儿静脉血两管各 3 mL,3 000 r/min 离心 15 min 后,各取外周血血清 1 mL,

然后应用酶联免疫吸附方法进行检测,最后计算机扫描模条出结果,得出吸入性和食物性过敏原 sIgE 抗体的浓度,根据浓度来判断患儿对何过敏以及等级程度。检测方法严格按照试剂盒说明书操作。

1.2.4 结果类别 过敏原结果遵照国际标准<sup>[3]</sup>分为 6 个等级:0 级,浓度<0.35 IU/mL,过敏程度阴性;1 级,浓度 0.35~0.7 IU/mL,过敏程度为低;2 级,浓度 0.7~3.5 IU/mL,过敏程度为中;3 级,浓度 3.5~17.5 IU/mL,过敏程度为高;4 级,浓度 17.5~50 IU/mL,过敏程度很高;5 级,浓度>50 IU/mL,过敏程度为极高;检测结果≥1 级为阳性。

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 软件对数据进行统计学分析,计数资料以率(%)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 吸入性过敏原 sIgE 阳性率与食物性过敏原 sIgE 阳性率比较 607 例患儿检测吸入过敏原 sIgE,阳性 562 例;629 例患儿检测食物过敏原 sIgE,阳性 506 例。吸入性过敏原 sIgE 阳性率高于食物性过敏原 sIgE 阳性率( $\chi^2=38.8, P<0.01$ )。

2.2 607 例患儿吸入性过敏原 sIgE 阳性率比较 607 例患儿中男 384 例、女 223 例,性别比例 1.7:1,见表 1。

表 1 607 例不同性别患儿吸入性过敏原 sIgE 阳性率比较[n(%)]

Tab 1 Comparison of the positive rates of inhaled allergen sIgE in 607 children of different sexes [n(%)]

吸入性过敏原种类	男(n=384)	女(n=223)	$\chi^2$	P
螨混合	184(47.9)	105(47.1)	0.04	>0.05
昆虫混合	118(30.7)	89(39.9)	5.29	<0.05
霉菌混合	194(50.5)	131(58.7)	3.83	>0.05
树木混合 1	144(37.5)	116(52.0)	12.14	<0.01
树木混合 2	119(31.0)	114(51.1)	24.17	<0.01
草混合	62(16.15)	50(22.4)	3.69	>0.05
蒿属混合	70(18.2)	45(20.2)	0.35	>0.05
豚草混合	75(19.5)	41(18.4)	0.12	>0.05
毛混合	87(22.7)	62(27.8)	1.57	>0.05
上皮混合	156(40.6)	103(46.2)	1.78	>0.05

2.3 629 例患儿食物性过敏原 sIgE 阳性率比较 629 例患儿中男 383 例,女 246 例,性别比例 1.6:1,见表 2。

2.4 各种吸入性过敏原 sIgE 在 562 例阳性患儿中所占的比例以及等级分布 吸入过敏原 sIgE 阳性霉菌阳性率最高 325 例(57.8%);螨虫第二 289 例(50.9%);树木混合 1(梧桐、桦树、枫树、桑树)第三 260 例(46.3%);以下依次是上皮混合(狗上皮、兔上皮、鼠上皮)259 例(46.1%);树木混合 2(榆树、柳树、棉白杨)233 例(41.5%);毛混合(猫毛、鸽子毛、

鹅毛)149 例(26.5%);豚草混合(普通豚草、巨大豚草)116 例(20.6%);蒿属混合(艾蒿、青蒿、蒲公英、雏菊)115 例(20.5%);草混合(花草、猫尾草、蒲公英、雏菊)112 例(19.9%)。吸入过敏等级低和中度的患儿占比多,过敏等级越高的患儿占比越少,见图 1。

表 2 629 例不同性别患儿食物性过敏原 sIgE 阳性率比较[n( % )]  
Tab 2 Comparison of positive rates of food allergen sIgE in 629 children of different sexes[n( % )]

食物性过敏原种类	男(n=383)	女(n=246)	$\chi^2$	P
谷物混合	82(21.4)	51(20.7)	0.04	>0.05
坚果混合 1	132(34.5)	97(39.4)	1.60	>0.05
鸡蛋	198(51.6)	129(52.4)	0.03	>0.05
豆混合	157(41.0)	106(43.1)	0.37	>0.05
奶混合	167(43.6)	103(41.9)	0.18	>0.05
蔬菜混合	58(15.1)	47(21.1)	1.69	>0.05
鱼	57(14.9)	31(12.6)	0.65	>0.05
虾	52(13.6)	29(11.8)	0.43	>0.05
海鲜混合	46(12.0)	31(12.6)	0.05	>0.05
坚果混合 2	54(14.1)	31(12.6)	0.29	>0.05

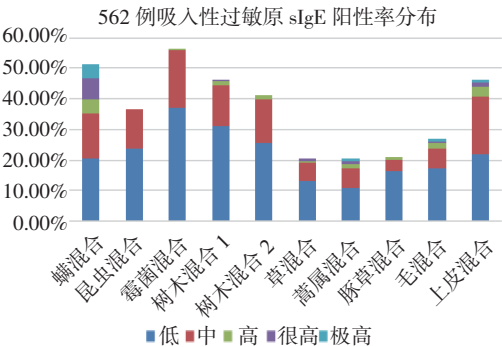


Fig 1 Distribution and grade of sIgE positive rate of inhalation allergen in 562 cases

图 1 562 例吸入性过敏原 sIgE 阳性率分布以及等级

2.5 各种食物性过敏原 sIgE 在 506 例阳性患儿中所占的比例以及等级分布 食物过敏原 sIgE 鸡蛋阳性率最高 327 例(64.6%);牛奶第二 270 例(53.4%);豆类第三 263 例(52.0%);以下依次是坚果混合 1(花生、瓜子)229 例(45.3%)和谷物混合(小麦、燕麦、大麦)133 例(26.3%);鱼(鳕鱼、鲤鱼、鲈鱼)88 例(17.4%);坚果混合 2(榛子、胡桃、腰果、松子)85 例(16.8%);虾(虾、龙虾)81 例(16.0%)例;海鲜混合(蟹、蛤、扇贝、螺)77 例(15.2%)。食物过敏等级低、中度的患儿占比多,过敏等级越高的患儿占比越少,见图 2。

2.6 吸入性过敏原 sIgE 与食物性过敏原 sIgE 多重阳性率比较 562 例吸入性过敏原 sIgE 阳性中多重阳性 511 例,506 例食物性过敏原 sIgE 阳性中多

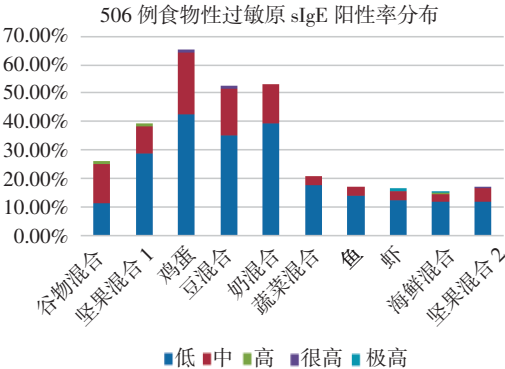


图 2 506 例食物性过敏原 sIgE 阳性率分布以及等级  
Fig 2 Distribution and grade of sIgE positive rate of food allergen in 506 cases

重阳性 405 例( $\chi^2=25.8, P<0.01$ ),差异有统计学意义。  
2.7 607 例吸入性过敏原 sIgE 检测阳性率前 3 名不同年龄的差别 607 例吸入性过敏原 sIgE 检测阳性率前 3 名中,霉菌和树木混合 1 不同年龄阳性率无差别;螨虫 6 岁以上儿童阳性率大于 1~6 岁儿童( $\chi^2=5.55, P<0.05$ ),见表 3。

表 3 不同年龄吸入性过敏原 sIgE 阳性率比较[n( % )]  
Tab 3 Comparison of sIgE positive rate of inhaled allergen in different ages[n( % )]

吸入性过敏原种类	1~6 岁(n=372)	>6 岁(n=235)	$\chi^2$	P
霉菌混合	207(55.6)	118(50.2)	1.71	>0.05
螨混合	163(43.8)	126(53.6)	5.55	<0.05
树木混合 1	164(44.1)	96(40.9)	0.66	>0.05

2.8 629 例食物性过敏原 sIgE 检测阳性率前 3 名不同年龄的区别 629 例食物性过敏原 sIgE 检测前 3 名中,鸡蛋、奶混合、豆类不同年龄阳性率均无差别,见表 4。

表 4 不同年龄食物性过敏原 sIgE 阳性率比较[n( % )]  
Tab 4 Comparison of sIgE positive rate of food allergen in different ages[n( % )]

食物性过敏原种类	1~6 岁(n=394)	>6 岁(n=235)	$\chi^2$	P
鸡蛋	203(51.5)	124(52.8)	0.09	>0.05
奶混合	176(44.7)	94(40.0)	1.31	>0.05
豆类	158(40.1)	105(44.7)	1.27	>0.05

3 讨论

儿童过敏性疾病是一个世界性问题,随着社会发展和工业化进程而逐年增多,我国的情况也是不容乐观。研究显示,新建社区的人均收入、文化程度、生活水平等均较高,过敏性疾病患病率高于老小区,表明过敏性疾病的增加与生活水平的提高及生活方式的改变有关<sup>[4]</sup>。婴幼儿及儿童免疫系统发育不完善和消化系统发育不完善<sup>[5]</sup>或者遭受到人为因素的影响均会导致儿童过敏性疾病的发生,导致



儿童过敏的主要因素还是人为因素,如剖宫产、过早添加配方乳、大量消毒剂的使用、过量抗生素的使用、过早添加辅食等,这些因素会导致儿童无法建立正常的免疫系统,而且使儿童的免疫功能遭到破坏,使得机体接触一些无害物质时,免疫系统过度反应,产生一些特异性免疫球蛋白 IgE 而出现过敏的症状,导致过敏性疾病的发生。 $sIgE > 0.35$  IU/mL 提示患儿已经被致敏,以后如果再次接触特异性过敏原可能会发生过敏性疾病。

本研究在吸入过敏原 sIgE 检测的结果中,检测出本地区患儿对霉菌过敏的最多,螨虫第二,与一些研究不一致<sup>[6]</sup>,可能与地区不同或者样本量有关。本研究表明,对螨虫过敏程度高的患儿也比其他患儿多,而且可能年龄越高过敏者越多,临床上对螨虫过敏患儿可以进行特异性的免疫治疗,比如用粉尘螨的抗原对患儿进行舌下脱敏或者注射脱敏治疗,有比较好的疗效。对猫毛、狗毛过敏者可以避免饲养,对树木、花粉过敏者也较常见,这类患儿外出应该做好防护措施如戴口罩可以减少过敏反应,对葎草等地方特有物种过敏者也较常见,这类患儿可以在这些植物发育的季节离开本地避免过敏性疾病的发作。

在食物过敏原 sIgE 检测的结果中,对蛋清、蛋黄过敏的最多,其次是牛奶、羊奶过敏,与研究结果一致<sup>[7]</sup>。第三是豆类,这与其研究结果大麦不一致,可能与样本量大小有关,可以扩大样本量再研究。IgE 介导的食物过敏临床表现随过敏原暴露的途径以及年龄的不同而差别较大。在婴幼儿,多以胃肠道症状为主,如呕吐、腹痛及腹泻、便秘甚至便血等,胃肠道症状可随着年龄增长而逐渐减轻;其次为皮肤症状,如反复湿疹、皮炎、荨麻疹、血管性水肿、皮肤瘙痒等。学龄儿童多以皮肤症状为主,同时可伴有呼吸道症状,如流涕、鼻塞、胸闷、喘息、咳嗽及呼吸困难等。多数患儿出现这些症状就诊前不清楚是过敏导致的,需要检测过敏原 IgE 才能明确病因。目前临床上确认 IgE 介导食物过敏的诊断主要基于临床病史,即暴露于食物过敏原后 2 h 内出现典型过敏症状,同时结合食物过敏原 sIgE 检测及皮肤点刺试验(skin prick test, SPT)。预测食物过敏是否能发生耐受的指标包括症状严重程度、SPT 风团直径大小与 sIgE 基线水平等,故应定期随访并监测食物过敏原 sIgE 水平,了解致敏食物以及致敏程度,尤其是婴幼儿。本研究表明鸡蛋、牛奶、豆类等食物过敏多在婴幼儿期出现,并且长期存在,所以对于患儿的长期管理,除患儿本身严格避食外,母乳喂养患

儿的母亲也需要忌口。检测食物过敏原 sIgE 有利于早期发现过敏的食物,并提供适当饮食指导,有助于儿童生活质量的改善。

吸入过敏原 sIgE 阳性率高于食物过敏原 sIgE 阳性率与纪存委等<sup>[8]</sup>的结果不一致,机制还有待于深入探讨。本研究显示多数患儿是多种过敏原混合存在,包括多种吸入过敏原或者多种食物过敏原,与 Sandra 等<sup>[9]</sup>的研究一致,或者同时具有多种吸入和食物过敏原,提示各种过敏原之间存在交叉过敏,这类患儿往往具有更高的过敏风险以及更重的过敏症状。同种过敏原可以引起不同的疾病,不同的疾病也可以由相同的过敏原引起。本研究还显示患儿的过敏原 sIgE 范围从低度到极高,低度的比较多,极高的较少。患儿对不同过敏原的过敏程度不同,临床表现也大不相同,过敏反应可以影响患儿一个器官系统,也可以累及多个器官系统。有研究显示患儿年龄由小到大过敏原也表现出差异<sup>[10]</sup>。不同年龄患儿所患的过敏性疾病不同,一般遵循机体的过敏进程,从婴幼儿期的湿疹、逐渐过渡到儿童期的过敏性鼻炎、哮喘等疾病。虽然患儿的疾病和症状各不相同,但是最终会影响患儿的健康,如导致患儿消瘦、生长发育不良、反复呼吸道感染等。有研究显示注意力缺陷多动症的患儿过敏性疾病的发病率高于正常儿童<sup>[11]</sup>。世界过敏组织(WAO)倡导对于过敏性疾病四位一体的治疗方法,即环境控制、药物治疗、免疫治疗、患者教育。环境控制对于所有有过敏史的患儿都是非常重要的,原则上都是要考虑采取措施避免反复接触过敏原,以达到不要刺激免疫系统的过度反应,避免过敏性疾病的反复发生,并且为患儿实行特异性免疫治疗<sup>[12]</sup>提供依据,把阻断过敏进程的时间窗提前,避免过敏性疾病的发展。同时做好对儿童过敏性疾病的三级预防,主要目标是获得疾病的长期控制和防止加重。

本方法检测过敏原也可以了解患儿的过敏状态,协助过敏性疾病的诊断,虽然国内已经有检测过敏原组分的实验,但是临床上还不易普及,费用比较高,本方法比较适合基层医院门诊应用<sup>[14]</sup>,设备相对简单、方法简便,费用比较低,无风险,可以使更多的患儿受益,使医生和家长能够对患儿进行更好地照护,避免过敏性疾病的发生。

#### 参考文献:

- [1] 中华儿科杂志,中华医学会儿科学分会.儿童过敏性疾病诊断及治疗专家共识[J].中华儿科杂志,2019,57(3):164-171.
- [2] KOET L B M, BRAND P L P. Increase in atopic sensitization rate among Dutch children with symptoms of allergic disease between 1994

(下转第 204 页)

- [9] WEN K, BAI Y, WEI Y, et al. Influence of small molecular property on antibody response[J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(39): 10944–10950.
- [10] LIANG Y, WANG Y, WANG F, et al. An enhanced open sandwich immunoassay by molecular evolution for noncompetitive detection of alternaria mycotoxin tenuazonic acid [J]. Food Chem, 2021, 361: 130103.
- [11] CONG Y, DONG H, WEI X, et al. A novel murine antibody and an open sandwich immunoassay for the detection of clenbuterol [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2019, 182: 109473.
- [12] KUMARI G L, DHIR R N. Comparative studies with penicillinase, horseradish peroxidase, and alkaline phosphatase as enzyme labels in developing enzyme immunoassay of cortisol [J]. J Immunoassay Immunochem, 2003, 24(2): 173–190.
- [13] XIAO Q, ZHENG Y, LIU J, et al. Enzyme-antibody dual-film modified gold nanoparticle probe for ultrasensitive detection of alpha fetoprotein [J]. Biologicals, 2017, 47: 46–51.
- [14] CHI L, XU C, LI S, et al. In situ amplified QCM immunoassay for carcinoembryonic antigen with colorectal cancer using horseradish peroxidase nanospheres and enzymatic biocatalytic precipitation [J]. Analyst, 2020, 145(18): 6111–6118.
- [15] SUN J, NING X, CUI L, et al. Assembly of "carrier free" enzymatic nano-reporters for improved ELISA [J]. Analyst, 2020, 145(20): 6541–6548.
- [16] REUTEN R, NIKODEMUS D, OLIVEIRA M, et al. Maltose-binding protein (MBP), a secretion-enhancing tag for mammalian protein expression systems [J]. PloS One, 2016, 11(3): e0152386.
- [17] RARAN K S, WAUGH D. Expression and purification of recombinant proteins in *escherichia coli* with a his or dual his-MBP Tag [J]. Methods Mol Biol, 2017, 1607: 1–15.
- [18] HAN Y, GUO W, SU B, et al. High-level expression of soluble recombinant proteins in *escherichia coli* using an HE-maltotriose-binding protein fusion tag [J]. Protein Expr Purif, 2018, 142: 25–31.
- [19] KIM D S, KIM S W, SONG J M, et al. A new prokaryotic expression vector for the expression of antimicrobial peptide abaecin using sumo fusion tag [J]. BMC Biotechnol, 2019, 19(1): 13.
- [20] HANIF M U, YASEEN A, GUL R, et al. Small ubiquitin-like modifier protein 3 enhances the solubilization of human bone morphogenetic protein 2 in *E. coli* [J]. Appl Biochem Biotechnol, 2018, 186(1): 256–270.
- [21] LIM S L, ICHINOSE H, SHINODA T, et al. Noncompetitive detection of low molecular weight peptides by open sandwich immunoassay [J]. Anal Chem, 2007, 79(16): 6193–6200.
- [22] SEPEHRIFAR H R, PILEHCHIAN L R, ATAIE S, et al. Evaluation and comparison of clostridium epsilon-alpha fusion gene expression using different commercial expression vector [J]. Arch Razi Inst, 2021, 76(1): 7–16.

(2021-09-01 收稿)

(上接第 172 页)

- and 2014 [J]. Pediatr Allergy Immunol, 2018, 29(1): 78–83.
- [3] 申昆玲, 刘传合, 赵京, 等. 儿童过敏性疾病规范化培训教程 [M]. 人民卫生出版社, 2021: 157–158.
- [4] 徐敬, 王笑秋, 李文秀, 等. 上海市杨浦区两个社区儿童过敏性疾病的横断面调查与分析 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2020, 35(9): 715–719.
- [5] 郑岚, 杨茜, 王星. 上海地区 2437 例食物不耐受患儿过敏原谱检测分析 [J]. 检验医学, 2018, 33(9): 786–789.
- [6] 樊茂. 昆明地区 6396 例儿童过敏原特异性 IgE 检测分析及临床意义 [J]. 标记免疫分析与临床, 2020, 27(8): 1354–1358.
- [7] 郑力胜, 李会强, 张嘉懿, 等. 儿童 20556 例食物过敏原与 19453 例吸入过敏原定量检测及流行特征分析 [J]. 重庆医学, 2021, 50(13): 2203–2207.
- [8] 纪存委, 黄彦龙, 陈柳青, 等. 广州市儿童常见过敏性疾病的过敏原检测结果分析 [J]. 公共卫生与预防医学, 2021, 32(2): 81–84.
- [9] SANDRA A, MAGNUS P B, WHITNEY B, et al. Association of clinical reactivity with sensitization to allergen components in multifood-allergic children [J]. J Allergy Clin Immunol Pract, 2017, 5: 1325–1334.
- [10] 李文瑞, 何月敬, 叶敏南, 等. 东莞市过敏患者血清过敏原特异性 IgE 检测及其年龄分布 [J]. 广东医科大学学报, 2021, 39(1): 77–80.
- [11] CHEN M H, SU T P, CHEN Y S, et al. Is atopy in early childhood a risk factor for ADHD and ASD? A longitudinal study [J]. J Psychosom Res, 2014, 77(4): 316–321.
- [12] 中华医学会儿科学分会呼吸学组哮喘协作组. 中国儿童过敏原检测临床应用专家共识 (2021 版) [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2021, 36(6): 405–409.
- [13] 赵京. 正确诊断和管理儿童过敏性疾病 [J]. 中国医刊, 2020, 55(10): 1045–1048.

(2021-09-21 收稿)