

CHARACTERISTICS OF SENSITIZATION TO MILK PROTEIN ALLERGENS AND RELATED FACTORS IN CHILDREN WITH COW'S MILK PROTEIN ALLERGY

Tran Van Chieu^{1*}, Trieu Thuy Anh¹, Pham Van Tran², Trinh Thi Que¹

¹MEDLATEC Healthcare System Testing Center - No. 2/82 Duy Tan, Cau Giay Ward, Hanoi City, Vietnam

²Vietnam Military Medical University - 160 Phung Hung, Ha Dong Ward, Hanoi City, Vietnam

Received: 08/09/2025

Revised: 25/09/2025; Accepted: 21/10/2025

ABSTRACT

Objective: To determine the sensitization rates to molecular protein allergens and identify associated factors among children diagnosed with cow's milk protein allergy at Medlatec during 2024–2025.

Subjects and methods: The study was conducted on 228 patients diagnosed with cow's milk protein allergy and tested at Medlatec Laboratory from January 2024 to August 2025. Venous blood samples were collected and centrifuged to obtain serum for specific IgE testing against molecular protein allergens using the immunoblot method with the EUROLINE DPA-Dx Pediatrics 1 kit according to the manufacturer's instructions (EUROIMMUN, Germany).

Results: The highest sensitization rate was observed for beta-lactoglobulin-specific IgE (71.1%) among children with cow's milk protein allergy. The rate of sensitization to multiple molecular protein allergens was 75%. There was a significant difference in sensitization rates to alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin between male and female patients.

Conclusion: The sensitization rates to common cow's milk protein allergens in children with Cow's Milk Protein Allergy were relatively high, with the majority being sensitized to multiple allergens simultaneously. Identification of sensitized molecular protein allergens is essential for accurate diagnosis, treatment guidance, prevention, and long-term management of cow's milk protein allergy.

Keywords: Allergen-specific IgE, 60-allergen panel, allergy.

*Corresponding author

Email: chieu.tranvan@medlatec.com Phone: (+84) 399123036 <https://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD19.3565>

ĐẶC ĐIỂM NHẠY CẢM VỚI CÁC DỊ NGUYÊN PROTEIN Ở TRẺ EM DỊ ỨNG ĐẠM SỮA BÒ VÀ MỘT SỐ YẾU TỐ LIÊN QUAN

Trần Văn Chiếu^{1*}, Triệu Thùy Anh¹, Phạm Văn Trân², Trịnh Thị Quế¹

¹Trung tâm xét nghiệm hệ thống y tế MEDLATEC - Số 2/82 Duy Tân, P. Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Học viện Quân y - 160 Phùng Hưng, P. Hà Đông, Tp. Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận: 08/09/2025

Ngày sửa: 25/09/2025; Ngày đăng: 21/10/2025

TÓM TẮT

Mục tiêu: Xác định tỷ lệ nhạy cảm với các dị nguyên protein và một số yếu tố liên quan ở trẻ em được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò tại Medlatec năm 2024 - 2025.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện trên 228 bệnh nhân chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò và được thực hiện xét nghiệm tại Medlatec từ tháng 01/2024 tới tháng 08/2025. Lấy máu tĩnh mạch, ly tâm tách huyết thanh để làm xét nghiệm IgE đặc hiệu với dị nguyên protein phân tử bằng phương pháp thấm miễn dịch (Immunoblot) sử dụng kit EUROLINE DPA-Dx Pediatrics 1 theo hướng dẫn của nhà sản xuất (EUROIMMUN – Đức).

Kết quả: Tỷ lệ nhạy cảm với IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử Beta-lactoglobulin chiếm tỷ lệ cao nhất (71,1%) trong các protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò. Tỷ lệ nhạy cảm với đồng thời nhiều dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò là 75%. Có sự khác biệt đáng kể về tỷ lệ nhạy cảm với Alpha-lactalbumin, Beta-lactoglobulin ở nam và nữ.

Kết luận: Tỷ lệ nhạy cảm với các protein thường gặp ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò tương đối cao, trong đó phần lớn nhạy cảm với đồng thời nhiều dị nguyên. Xét nghiệm xác định dị nguyên phân tử protein nhạy cảm là cần thiết cho mục đích chẩn đoán, hỗ trợ điều trị, phòng ngừa và quản lý dị ứng đạm sữa bò.

Từ khóa: IgE đặc hiệu dị nguyên, panel 14 dị nguyên, dị ứng đạm sữa bò.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dị ứng đạm sữa bò (Cow's Milk Protein Allergy – CMPA) là một trong những dạng dị ứng thực phẩm thường gặp nhất ở trẻ nhỏ, đặc biệt trong những năm đầu đời. Tỷ lệ mắc dị ứng đạm sữa bò trên toàn cầu ước tính khoảng 2,0–7,5% ở trẻ em với xu hướng ngày càng gia tăng [1].

Đạm sữa bò gồm nhiều phân đoạn protein khác nhau, trong đó casein, Alpha-lactalbumin và Beta-lactoglobulin là những dị nguyên chính có khả năng gây phản ứng quá mẫn qua trung gian IgE. Mức độ nhạy cảm với từng loại protein khác nhau ở mỗi bệnh nhân và có thể liên quan đến biểu hiện lâm sàng, mức độ nặng của bệnh cũng như khả năng dung nạp theo thời gian.

Kháng thể IgE đóng vai trò quan trọng trong cơ chế bệnh sinh của bệnh dị ứng. Xét nghiệm kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên đang ngày càng được sử dụng rộng rãi do có nhiều ưu điểm như tính thuận tiện,

số lượng dị nguyên lớn, không bị ảnh hưởng bởi các thuốc kháng histamin, an toàn, tránh nguy cơ sốc phản vệ so với các xét nghiệm in-vivo và đặc biệt thích hợp đối với trẻ em. Những tiến bộ gần đây trong lĩnh vực dị ứng học phân tử đã cải thiện độ chính xác của chẩn đoán bằng cách xác định IgE đặc hiệu đối với các dị nguyên phân tử (Component resolved diagnosis - CRD), cho phép tiên lượng, cá thể hóa điều trị và dự phòng dị ứng đạm sữa bò ở trẻ em. Các đặc điểm nhạy cảm với các dị nguyên protein gây dị ứng đạm sữa bò đóng vai trò quan trọng trong dịch tễ, lâm sàng và quản lý bệnh dị ứng. Các nghiên cứu cho thấy mô hình dị ứng với các protein đạm sữa bò khác nhau giữa từng quần thể và từng nghiên cứu. Nghiên cứu tại Bắc Phi năm 2025 trong số các bệnh nhân được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò, 86% có nhạy cảm với Beta-lactoglobulin, chiếm tỷ lệ cao nhất trong các protein và 81% có nhạy cảm với đồng thời nhiều loại protein [2]. Trong khi đó, một

*Tác giả liên hệ

Email: chieu.tranvan@medlatec.com Điện thoại: (+84) 399123036 <https://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD19.3565>

nghiên cứu khác trên 155 trẻ em dị ứng đạm sữa bò tại Nhật Bản cho thấy casein là tác nhân chính gây dị ứng với tỷ lệ nhạy cảm là 97,3%, tỷ lệ nhạy cảm đối với Beta-lactoglobulin là 46,6%, tỷ lệ nhạy cảm với đồng thời nhiều loại protein là 43,3% [3]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về đặc điểm nhạy cảm của các phân tử protein trên các trẻ em dị ứng đạm sữa bò còn hạn chế. Vì vậy, chúng tôi thực hiện nghiên cứu này nhằm xác định tỷ lệ nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò và đánh giá một số yếu tố liên quan.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng

Đối tượng trẻ em (<16 tuổi) được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò và được thực hiện xét nghiệm kháng thể IgE đặc hiệu với các dị nguyên phân tử protein trong sữa bò tại Medlatec từ tháng 01/2024 tới tháng 08/2025.

2.2. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Từ tháng 01/2024 đến tháng 08/2025 tại Hệ thống Y tế Medlatec

2.3. Phương pháp nghiên cứu: Hồi cứu, mô tả cắt ngang.

2.3.1. Cỡ mẫu:

Cỡ mẫu theo công thức:

$$n = Z^2 \frac{p(1-p)}{d^2}$$

Trong đó:

+ n: cỡ mẫu; d (sai số cho phép) = 0,05

+ Z: hệ số tin cậy, với $\alpha = 0,05 \rightarrow z = 1,96$

+ P (tỷ lệ ước lượng) = 0,86 [1].

Cỡ mẫu tính tối thiểu là 185 mẫu. Thực tế có 228 bệnh nhân được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò thực hiện xét nghiệm kháng thể IgE đặc hiệu với các dị nguyên phân tử protein trong sữa bò tại Medlatec từ tháng 01/2024 tới tháng 08/2025.

2.3.2. Xét nghiệm kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên

Xét nghiệm kháng thể IgE đặc hiệu với 14 dị nguyên phân tử của sữa bò, trứng và đậu phộng được thực hiện bằng phương pháp thẩm miễn dịch (Immunoblot) trên mẫu huyết thanh của bệnh nhân. Trong đó phát hiện các dị nguyên phân tử của sữa bò gồm: Casein, Alpha-lactalbumin, Beta-lactoglobulin, Lactoferrin, Bovine serum albumin (BSA). Xét nghiệm được thực hiện bởi Hệ thống Y tế Medlatec bằng kit EUROLINE DPA-Dx Pediatrics 1 theo hướng dẫn của nhà sản

xuất (EUROIMMUN – Đức).

Kết quả dương tính (có miễn cảm) khi nồng độ kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên $\geq 0,35$ kU/L. Các mức độ dương tính được diễn giải theo phân loại EAST 2005 từ dương tính rất thấp tới dương tính rất mạnh: Mức 1 (0,35-0,69 kU/L): Dương tính rất thấp, mức 2 (0,70-3,49 kU/L): Dương tính thấp, mức 3 (3,50-17,49 kU/L): Dương tính, mức 4 (17,50-49,99 kU/L): Dương tính mạnh, mức 5 ($\geq 50,00$ kU/L): Dương tính rất mạnh. Mức độ dương tính với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên thường tương quan với các biểu hiện lâm sàng của triệu chứng dị ứng, dương tính càng mạnh, tương quan càng chặt chẽ.

2.4. Phân tích thống kê

Số liệu nghiên cứu được thu thập từ phần mềm quản lý kết quả xét nghiệm của Medlatec (LIS) và được phân tích bằng phần mềm SPSS 20.0. Trong tất cả các kết quả phân tích, $p < 0,05$ chỉ ra sự khác biệt thống kê có ý nghĩa.

2.5. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu này đã được chấp thuận bởi Hội đồng khoa học và nghiên cứu y sinh Hệ thống Y tế Medlatec. Các thông tin cá nhân hoàn toàn được bảo mật.

3. KẾT QUẢ

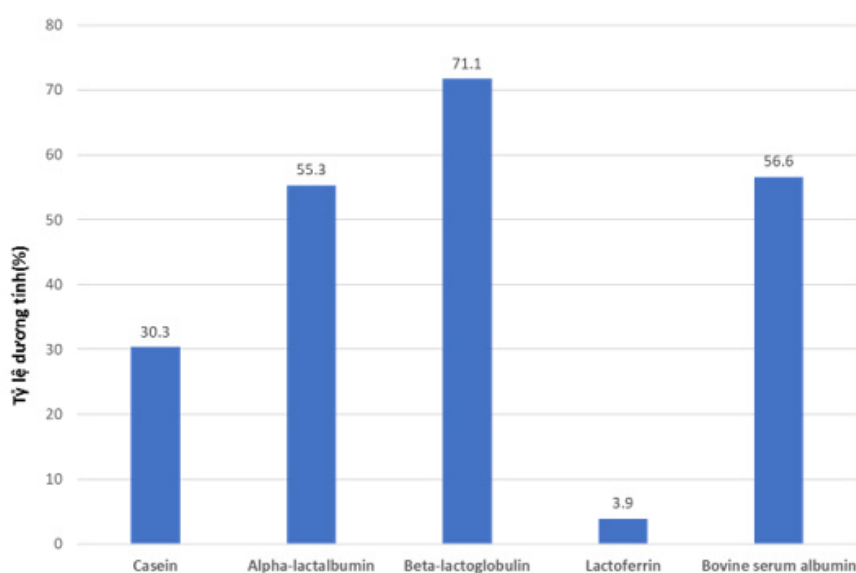
3.1. Đặc điểm nhóm nghiên cứu

Bảng 1. Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu

Đặc điểm		n (%)
Giới tính (%)	Nữ	96 (42,1)
	Nam	132 (57,9)
Nhóm tuổi (tháng)	0 – 6	45 (19,7)
	6 – 12	103 (45,2)
	12 – 24	51 (22,4)
	>24	29 (12,7)
Tổng số		228

Tổng số 228 trẻ em được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò và được thực hiện xét nghiệm IgE đặc hiệu với các phân tử protein trong sữa bò tại Medlatec từ tháng 01/2024 tới tháng 08/2025. Trong đó, nam giới (57,9%) chiếm tỷ lệ cao hơn so với nữ giới (42,1%). Nhóm tuổi (6-12 tháng) là nhóm tuổi chiếm tỷ lệ cao nhất (45,2%) trong các đối tượng được nghiên cứu.

3.2. Tỷ lệ nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử protein sữa bò và một số yếu tố liên quan



Biểu đồ 1. Tỷ lệ nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu từng loại phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò (n=228)

Tỷ lệ nhạy cảm với IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử Beta-lactoglobulin chiếm tỷ lệ cao nhất (71,1%) trong các protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò. Tỷ lệ nhạy cảm với IgE đặc hiệu dị nguyên các protein khác lần lượt là: Bovine serum albumin (56,6%), Alpha-lactalbumin (55,3%), Casein (30,3%) và Lactoferrin (3,9%)

Bảng 2. Phân bố mức độ nhạy cảm của các dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò (n=228)

Mức độ	Casein n (%)	Alpha-lactalbumin n (%)	Beta-lactoglobulin n (%)	Lactoferrin n (%)	Bovine serum albumin n (%)
Âm tính					
	159 (69,7)	102 (44,7)	66 (28,9)	219 (96,1)	99 (43,4)
Dương tính					
Mức 1	22 (9,6)	44 (19,3)	50 (21,9)	4 (1,8)	16 (7,0)
Mức 2	19 (8,3)	37 (16,2)	73 (32,0)	3 (1,3)	43 (18,9)
Mức 3	16 (7,0)	17 (7,5)	19 (8,3)	1 (0,4)	31 (13,6)
Mức 4	7 (3,1)	25 (11,0)	14 (6,1)	1 (0,4)	32 (14,0)
Mức 5	5 (2,2)	3 (1,3)	6 (2,6)	0 (0,0)	7 (3,1)

Đa số các kết quả nhạy cảm của các dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò tập trung ở nhóm mức độ 1, 2 và 3. Các kết quả nhạy cảm với IgE đặc hiệu dị nguyên mạnh và rất mạnh (mức 4,5) gặp nhiều ở dị nguyên: Bovine serum albumin (17,1%), Alpha-lactalbumin (12,3%), Beta-lactoglobulin (8,7%). Một số dị nguyên phân tử protein khác có tỷ lệ nhạy cảm ở mạnh và rất mạnh với tỷ lệ thấp hơn: Casein (5,3%), Lactoferrin (0,4%).

Bảng 3. Đặc điểm nhạy cảm của các dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò (n=228)

Đặc điểm nhạy cảm của các dị nguyên phân tử protein	Bệnh nhân N=228 n (%)
Chỉ nhạy cảm với 1 dị nguyên	57 (25,0)
Casein	7 (3,1)
Alpha-lactalbumin	2 (0,9)
Beta-lactoglobulin	31 (13,6)
Lactoferrin	0
Bovine serum albumin	17 (7,5)
Nhạy cảm với đồng thời nhiều dị nguyên (≥ 2)	171 (75,0)
Nhạy cảm với đồng thời 2 dị nguyên	79 (34,6)
Nhạy cảm với đồng thời 3 dị nguyên	61 (26,8)
Nhạy cảm với đồng thời 4 dị nguyên	29 (12,7)
Nhạy cảm với đồng thời 5 dị nguyên	2 (0,9)

Tỷ lệ chỉ nhạy cảm với 1 dị nguyên là 25%. Trong đó tỷ lệ nhạy cảm với dị nguyên Beta-lactoglobulin chiếm tỷ lệ cao nhất (13,6%).

Tỷ lệ nhạy cảm đồng thời nhiều dị nguyên là 75%. Trong đó, tỷ lệ nhạy cảm đồng thời 2 dị nguyên phân tử protein chiếm tỷ lệ cao nhất (34,6%) ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò.

Bảng 4. Một số yếu tố liên quan đến đặc điểm nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò (n=228)

Yếu tố	Nhạy cảm Casein n(%)	Nhạy cảm Alpha-lactalbumin n(%)	Nhạy cảm Beta-lactoglobulin n(%)	Nhạy cảm Bovine serum albumin n(%)
Giới tính				
Nữ	31 (32,3)	45 (46,9)	61 (63,5)	50 (52,1)
Nam	38 (28,2)	81 (61,4)	101 (76,5)	79 (59,8)
p	0,57	0,03	0,03	0,26
Nhóm tuổi (tháng)				
0 – 6	15 (33,3)	26 (57,6)	25 (55,6)	29 (64,4)
6 – 12	34 (33,0)	55 (53,4)	77 (74,8)	52 (50,5)
12 – 24	11 (21,6)	25 (49,0)	37 (72,5)	33 (64,7)
>24	9 (31,0)	20 (68,9)	23 (79,3)	15 (51,7)
p	0,48	0,35	0,37	0,55

Tỷ lệ nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên Alpha-lactalbumin ở nam giới (64,4%) cao hơn ở nữ giới (46,9%), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p=0,03$).

Tỷ lệ nhạy cảm với kháng thể IgE đặc hiệu dị nguyên Beta-lactoglobulin ở nam giới (76,5%) cao hơn ở nữ giới (63,5%), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p=0,03$).

Tỷ lệ nhạy cảm của các dị nguyên protein giữa các nhóm tuổi khác biệt nhau không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

4. BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi trên 228 trẻ em dị ứng đạm sữa bò cho thấy tỷ lệ nhạy cảm với Beta-lactoglobulin cao nhất (71,1%), tiếp theo là Bovine serum albumin (56,6%) và Alpha-lactalbumin (55,3%), trong khi casein và lactoferrin có tỷ lệ thấp hơn. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Ouerdani (2025) trên 262 trẻ dị ứng đạm sữa bò tại Bắc Phi, ghi nhận Beta-lactoglobulin là dị nguyên phổ biến nhất (86%) [2]. Điều này cho thấy Beta-lactoglobulin – một protein whey có trọng lượng phân tử thấp, không bền với nhiệt – là thành phần gây dị ứng chính trong sữa bò, đặc biệt ở trẻ sơ sinh chưa trưởng thành về hàng rào niêm mạc ruột và hệ miễn dịch [4]. Trong khi đó, Casein có tỷ lệ nhạy cảm thấp hơn (30,3%). Casein là một protein bền với nhiệt, liên quan đến phản ứng dị ứng kéo dài và tiên lượng dung nạp kém quá trình phát triển của trẻ dị ứng đạm sữa bò [5]. Điều này nhấn mạnh vai trò của việc xác định tình trạng mẫn cảm với dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò trong tiên lượng tiến triển của bệnh, đặc biệt khi lựa chọn liệu pháp miễn dịch giải mẫn cảm đặc hiệu hoặc chế độ ăn thay thế.

Tỷ lệ nhạy cảm đồng thời nhiều protein sữa bò trong nghiên cứu của chúng tôi chiếm 75%, kết quả này tương đồng với tỷ lệ 81% theo nghiên cứu của Ouerdani (2025). Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu của chúng tôi cao hơn nghiên cứu tại Nhật Bản của Taiji Nakano (43,6%) [3]. Sự khác biệt này có thể đến từ đặc điểm dân số, chế độ dinh dưỡng, yếu tố di truyền và mức độ dung nạp sữa bò của từng chủng tộc [6]. Việc nhạy cảm đồng thời nhiều protein phản ánh mức độ dị ứng phức tạp, có thể liên quan đến nguy cơ phản ứng lâm sàng nặng hơn và thời gian dung nạp kéo dài hơn [7].

Về sự khác biệt giới tính, nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận tỷ lệ nhạy cảm với Alpha-lactalbumin và Beta-lactoglobulin ở nam cao hơn nữ, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p=0,03$). Xu hướng này đã được đề cập trong một số nghiên cứu gần đây, cho thấy trẻ nam có nguy cơ dị ứng thực phẩm cao hơn trong giai đoạn đầu đời do ảnh hưởng của hormone giới tính và yếu tố miễn dịch bẩm sinh. Nam giới thường có đáp ứng Th2 mạnh hơn, dẫn đến sản xuất IgE cao hơn và nguy cơ mẫn cảm sớm hơn [8].

Trong nghiên cứu của chúng tôi, tỷ lệ trẻ được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò cao nhất ở nhóm tuổi từ 6 – 12 tháng tuổi. Đây là lứa tuổi bắt đầu sử dụng sữa bò bổ sung hoặc thay thế cho sữa mẹ sau giai đoạn 6 tháng đầu đời, việc phát hiện và chẩn đoán có thể tăng lên ở giai đoạn này do tăng nguy cơ tiếp xúc với sữa bò ở trẻ em. Các nghiên cứu cho thấy tỷ lệ dị ứng đạm sữa bò cao nhất ở giai đoạn trẻ sơ sinh và trẻ nhỏ, tỷ lệ này giảm đáng kể khi trẻ lớn do quá trình dung nạp dị nguyên. Tỷ lệ trẻ dị ứng đạm sữa bò giảm xuống dưới 1% khi trẻ trên 6 tuổi [1]. Phân tích

mối liên quan về tỷ lệ nhạy cảm với các protein sữa bò ở các nhóm tuổi trong nghiên cứu của chúng tôi khác biệt nhau không có ý nghĩa thống kê cho thấy mô hình nhạy cảm protein đạm sữa bò tương đồng nhau ở các lứa tuổi.

Nghiên cứu của chúng tôi góp phần xác định tỷ lệ và mô hình nhạy cảm với các protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò ở Việt Nam. Từ đó cung cấp cái nhìn toàn diện và đi sâu vào lĩnh vực dị ứng phân tử, cá thể hóa trong điều trị, hỗ trợ phòng ngừa và quản lý dị ứng đạm sữa bò ở trẻ em.

5. KẾT LUẬN

Trong 228 trẻ em được chẩn đoán dị ứng đạm sữa bò, tỷ lệ nhạy cảm với IgE đặc hiệu dị nguyên phân tử Beta-lactoglobulin chiếm tỷ lệ cao nhất (71,1%). Tỷ lệ nhạy cảm với đồng thời nhiều dị nguyên phân tử protein ở trẻ em dị ứng đạm sữa bò là 75%. Có sự khác biệt đáng kể về tỷ lệ nhạy cảm với Alpha-lactalbumin, Beta-lactoglobulin ở nam và nữ.

KHUYẾN NGHỊ

Xét nghiệm xác định dị nguyên phân tử protein nhạy cảm là cần thiết cho mục đích chẩn đoán, hỗ trợ điều trị, phòng ngừa và quản lý dị ứng đạm sữa bò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hao L, Wang S, Ji W. Cow's milk protein allergy: A comprehensive review of epidemiology, pathogenesis, clinical manifestations, diagnostics, and management strategies. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2025;34(3):298-307. doi:10.6133/apjcn.202506_34(3).0004
- [2] Ouerdani Y, Zamali I, Galai Y, et al. Molecular allergen sensitization profile and casein threshold determination predicting the persistence of cow's milk protein allergy in Tunisia (North Africa). *Front Allergy.* 2025;6:1564564. doi:10.3389/falgy.2025.1564564
- [3] Nakano T, Shimojo N, Morita Y, Arima T, Tomiita M, Kohno Y. [Sensitization to casein and beta-lactoglobulin (BLG) in children with cow's milk allergy (CMA)]. *Arerugi Allergy.* 2010;59(2):117-122.
- [4] Franco C, Fente C, Sánchez C, et al. Cow's Milk Antigens Content in Human Milk: A Scoping Review. *Foods.* 2022;11(12):1783. doi:10.3390/foods11121783
- [5] Fernández-Lozano C, Olmos-Piñero S, Sánchez-Ruano L, et al. Predicting Tolerance to Cow's Milk Allergy in Children Using IgE and IgG4 Peptide Binding Profiles. *Cells.* 2025;14(5):344. doi:10.3390/cells14050344

- [6] Solano DE, Mendez M. A Review of the Literature on Cow Milk Protein Allergy Management. *Pediatr Ann.* 2025;54(5):e179-e181.
- [7] Liu X, Zhang Y, Wang Y, et al. Patterns of multiple milk allergen sensitization and their association with clinical severity in children. *Front Immunol.* 2023;14:1119352.
- [8] Vininski MS, Rajput S, Hobbs NJ, Dolence JJ. Understanding sex differences in the allergic immune response to food. *AIMS Allergy Immunol.* 2022;6(3):90-105. doi:10.3934/allergy.2022009