

## ОСОБЕННОСТИ IgE-ОТВЕТА НА БЕЛОК И ЖЕЛТОК КУРИНОГО ЯЙЦА У ДЕТЕЙ С ПИЩЕВОЙ АЛЛЕРГИЕЙ И АТОПИЧЕСКИМ ДЕРМАТИТОМ

Сновская М.А., Семикина Е.Л., Макарова С.Г., Петричук С.В.,  
Курбатова О.В., Жужула А.А., Ерешко О.А., Галимова А.А.

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения  
РФ, Москва, Россия

**Резюме.** Куриное яйцо является одним из наиболее важных источников аллергенов, сенсibilизация пациентов к которым чаще всего проявляется в виде пищевой аллергии (ПА) и/или атопического дерматита (АтД). Иммуногенными факторами куриного яйца являются молекулы, которые присутствуют как в белке, так и желтке.

Цель нашей работы состояла в сравнении частоты и интенсивности IgE-ответа на различные компоненты куриного яйца у детей в зависимости от их возраста и пола. Нами обследованы 3070 детей с симптомами пищевой аллергии и атопического дерматита, проведен анализ IgE-ответа на экстракт аллергенов белка куриного яйца (f1) и экстракт аллергенов желтка куриного яйца (f75) с учетом возраста и пола детей. Уровень IgE определен методом иммунофлюоресценции с помощью автоматического анализатора ImmunoCAP250.

Нами выявлена высокая частота сенсibilизации к куриному яйцу у детей с ПА и АтД: 31,07% (n = 954) пациентов имели клинически значимые уровни IgE. Частота сенсibilизации к белку была статистически значимо выше частоты сенсibilизации к желтку: 31,04% (n = 953) и 13,13% (n = 403) соответственно. Максимальная распространенность положительных IgE-ответов на белок и желток куриного яйца и выраженность сенсibilизации отмечалась у детей первого года жизни, а у детей старших возрастных групп наблюдалось значимое снижение этих показателей. В старших возрастных группах также наблюдалось уменьшение числа косенсibilизированных пациентов, в то время как число случаев моносенсibilизации к белку куриного яйца возрастало в группах детей 2–6 лет, а затем снижалось у детей старше 6 лет. У детей обоих полов частота позитивных IgE-ответов на экстракты аллергенов белка и желтка куриного яйца значимо не отличалась и имела сходную возрастную динамику. Статистически значимые различия между IgE-ответом мальчиков и девочек выявлены только в группах детей старше 14 лет и только в отношении IgE-ответа на аллергены белка куриного яйца. Нами показана крайне низкая частота моносенсibilизации к желтку: клинически значимые уровни

### Адрес для переписки:

Сновская Марина Андреевна  
ФГАУ «Национальный медицинский  
исследовательский центр здоровья детей»  
Министерства здравоохранения РФ  
119991, Россия, Москва, Ломоносовский пр., 2, стр. 1.  
Тел.: 8 (495) 967-14-20.  
E-mail: snows@inbox.ru

### Address for correspondence:

Marina A. Snovskaya  
National Medical Research Center for Children's Health  
2 Lomonosovsky Ave, Bldg 1  
Moscow  
119991 Russian Federation  
Phone: +7 (495) 967-14-20.  
E-mail: snows@inbox.ru

### Образец цитирования:

М.А. Сновская, Е.Л. Семикина, С.Г. Макарова,  
С.В. Петричук, О.В. Курбатова, А.А. Жужула,  
О.А. Ерешко, А.А. Галимова «Особенности  
IgE-ответа на белок и желток куриного яйца у детей  
с пищевой аллергией и атопическим дерматитом»  
// Медицинская иммунология, 2025. Т. 27, № 1.  
С. 119-130. doi: 10.15789/1563-0625-FOT-2951

© Сновская М.А. и соавт., 2025

Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

### For citation:

M.A. Snovskaya, E.L. Semikina, S.G. Makarova,  
S.V. Petrichuk, O.V. Kurbatova, A.A. Zhuzhula, O.A. Ereshko,  
A.A. Galimova "Features of the IgE response to egg white and  
yolk in children with food allergies and atopic dermatitis",  
Medical Immunology (Russia)/Meditsinskaya Immunologiya,  
2025, Vol. 27, no. 1, pp. 119-130.  
doi: 10.15789/1563-0625-FOT-2951

© Snovskaya M.A. et al., 2025

The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.15789/1563-0625-FOT-2951

IgE к желтку при отсутствии антител к белку куриного яйца обнаружены у 0,1% пациентов с пищевой аллергией и атопическим дерматитом.

Высокая частота сенсибилизации к куриному яйцу у детей первых лет жизни свидетельствует о крайне раннем контакте пациента с аллергеном. Иммуногенная способность аллергенов белка и желтка различна, более выраженный IgE-ответ наблюдается в отношении белка куриного яйца. Снижение числа случаев положительного IgE-ответа на аллергены куриного яйца у детей может свидетельствовать о формировании иммунологической толерантности как к желтку, так и к белку к возрасту 8-10 лет. Однако остается открытым вопрос изучения иммунных механизмов аллергических реакций, поскольку, несмотря на значительное снижение распространенности аллергии на куриное яйцо у детей старшего возраста, ряд пациентов так и не достигает толерантности к данному пищевому продукту.

*Ключевые слова: пищевая аллергия, атопический дерматит, сенсибилизация к белку куриного яйца, сенсибилизация к желтку куриного яйца, IgE-ответ*

## FEATURES OF THE IgE RESPONSE TO EGG WHITE AND YOLK IN CHILDREN WITH FOOD ALLERGIES AND ATOPIC DERMATITIS

**Snovskaya M.A., Semikina E.L., Makarova S.G., Petrichuk S.V., Kurbatova O.V., Zhuzhula A.A., Ereshko O.A., Galimova A.A.**

*National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** Chicken egg is among the most important sources of allergens. Sensitization to them is most often manifests as food allergy (FA), and/or atopic dermatitis (AD). Immunogenic substances of a chicken egg are present in both white egg and yolk.

The purpose of our work was to compare frequency and intensity of the IgE responses to various components of a chicken egg in children, depending on their age and gender. We examined 3070 children with symptoms of food allergies and atopic dermatitis, analyzed the IgE responses to chicken white egg allergens extract (f1) and yolk allergens extract (f75), taking into account the age and gender of children. The IgE levels were determined by immunofluorescence using an automatic ImmunoCAP 250 analyzer. We found a high incidence of sensitization to chicken egg in children with FA and AD: 31.07% (n = 954) of patients had clinically significant IgE levels. The frequency of sensitization to white egg was statistically significantly higher than the frequency of sensitization to yolk: 31.04% (n = 953) and 13.13% (n = 403), respectively. The maximum prevalence of positive IgE responses to white egg and yolk and more severe sensitization were observed in children of their first year of life. A significant decrease of these indices has been detected in groups of older children. In older age groups, there was also a decrease in the number of co-sensitized patients, whereas the number of monosensitization cases to chicken egg protein was increased in groups of children of 2 to 6 years old, and then decreased in children over 6 years old. The frequency of positive IgE responses to allergen extracts of white egg and yolk did not differ significantly and had similar age dynamics in children of both sexes. Statistically significant differences between the IgE responses of boys and girls were found only in groups of children over 14 years old, especially with IgE to allergens of white egg. We have shown an extremely low frequency of monosensitization to yolk: clinically significant levels of IgE to yolk in the absence of antibodies to egg protein were found in 0.1% of patients with food allergies and atopic dermatitis. High frequency of sensitization to chicken eggs in small children suggests an extremely early contact of the patients with allergens. The immunogenic ability of white egg and yolk allergens is different. Much more pronounced IgE response was observed towards white egg. A decreasing number of positive IgE response cases to chicken egg allergens in children may be due to development of immunological tolerance to both yolk and white egg at the age of 8-10 years. However, the issue of studying the allergic response mechanisms remains open, since, despite a significant decrease in prevalence of egg allergy in older children, a number of patients still do not achieve tolerance to this food product.

*Keywords: food allergy, atopic dermatitis, sensitization to white egg, sensitization to egg yolk, IgE response*

## Введение

По данным различных исследований, куриное яйцо является одним из наиболее важных источников аллергенов [10, 14]. Сенсибилизация к нему происходит как при употреблении в пищу, так и при контакте с кожей, а также при вдыхании аллергенов, диспергированных в воздухе [4, 10]. Более того, даже дети, находящиеся на грудном вскармливании и не получавшие ранее прикорм, могут развивать IgE-ответ на аллергены куриного белка, которые получают с молоком матери [4]. По данным различных исследований, распространенность аллергии к куриному яйцу варьирует от 0,5% до 9% в популяции. Так, по данным J. Wei-Liang Tan и соавт., более 25% детей, страдающих atopическим дерматитом, имеют сенсибилизацию к куриному яйцу [4]. В работе Е.Е. Варламова и соавт. показано, что распространенность аллергии к куриному яйцу у детей первых 2 лет жизни составляет 1-2% [1]. По оценкам С.Л. Gray и соавт. распространенность аллергии на яйцо в раннем детском возрасте составляет 0,5-8,9% [6].

Аллергия на куриное яйцо проявляется различными симптомами. Распространенными из них являются эритема, крапивница, экзематозная сыпь, боли в животе, тошнота, рвота, боли в эпигастрии, диарея, отек слизистой ротовой полости, отек гортани, в редких случаях сенсибилизация к куриному яйцу может приводить к развитию анафилактической реакции [8, 11]. Сенсибилизация к куриному яйцу чаще всего манифестирует в виде пищевой аллергии и/или atopического дерматита. При этом у детей раннего возраста atopический дерматит представляет собой наиболее распространенное аллергическое заболевание.

Сенсибилизирующими факторами куриного яйца являются белки, которые в основном присутствуют в яичном белке, например, овальбумин, овомукоид, овотрансферрин и лизоцим. Однако яичный желток также обладает аллергенной активностью, за счет альфа-ливетина и гликопротеина 42 [8, 14].

Современные публикации приводят данные о разной роли компонентов яйца как сенсибилизирующих агентов у детей и у взрослых пациентов. В работе J. Kovacs-Nolan и соавт. показано, что аллергия на яичный желток преимущественно встречается у лиц старше 18 лет, в отличие от аллергии на яичный белок, которая распространена у маленьких детей [7]. В другой работе D.J. Palmer и соавт. показали, что у детей до года, имеющих аллергию на куриное яйцо, сенсибилизация в основном обусловлена яичным белком, а аллергия на желток встречается крайне редко [9]. Более важную роль белка куриного яйца как источника

аллергенов, по сравнению с желтком, описывает работа Р. Dhanapala и соавт. [5]. Вместе с тем роль желтка, как сенсибилизирующего агента остается недооцененной.

В связи с неоднозначной ролью компонентов куриного яйца в сенсибилизации пациента, различии данных о частоте аллергических реакций, отсутствия анализа возрастной динамики IgE-ответа у детей, сенсибилизированных к куриному яйцу, **цель нашей работы** состояла в сравнении частоты и интенсивности IgE-ответа на белок и желток куриного яйца у сенсибилизированных детей в зависимости от их возраста и пола.

## Материалы и методы

Нами проведено одноцентровое сравнительное ретроспективное исследование IgE-ответов на компоненты куриного яйца (желтка и белка) в когорте пациентов из различных регионов России. В исследование были включены дети в возрасте от 6 месяцев до 18 лет, выбранные из регистра ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России. Все дети имели симптомы пищевой аллергии в сочетании с atopическим дерматитом, были консультированы аллергологом и направлены на определение в сыворотке крови концентрации аллерген-специфических антител (IgE) к широкой панели аллергенов с целью выявления триггерного фактора аллергических реакций.

В ходе исследования нами был осуществлен ретроспективный сбор и анализ данных; медицинского вмешательства не проводилось. Оценены истории болезни и результаты обследования 3070 детей (1487 девочек, 1583 мальчика) с симптомами пищевой аллергии, такими как тошнота, рвота, расстройство стула, развивающиеся после приема пищи, отеки слизистых, крапивница, экзема. У пациентов также отмечено наличие atopического дерматита, проявляющегося в сухости кожи, зудящей сыпи, развивающейся на разгибательных поверхностях рук и ног, лице, у ряда пациентов отмечены мокнутие и корки в местах поражения кожных покровов.

Анализ IgE-ответа на экстракт аллергенов белка куриного яйца (f1) и экстракт аллергенов желтка куриного яйца (f75) был проведен как для всей группы пациентов, так и в подгруппах с учетом возраста и пола пациентов. Для этого пациенты были разделены на 9 подгрупп в зависимости от возраста: 6-12 месяцев (275 детей), 1-2 года (526 детей), 2-4 года (832 ребенка), 4-6 лет (512 детей), 6-8 лет (329 детей), 8-10 лет (212 детей), 10-12 лет (151 ребенок), 12-14 лет (101 ребенок), 14-18 лет (132 ребенка).

Уровни аллерген-специфических IgE были определены с помощью иммунофлуоресцентного метода, реализованного на базе авто-

матического анализатора Phadia250 (Thermo Fisher Scientific, США). Пороговым значением, при превышении которого концентрация IgE в сыворотке крови считалась клинически значимой, был принят уровень 0,35 кЕ/л согласно данным производителя аналитической системы. Для интерпретации полученных результатов использовалось также разделение их на классы сенсибилизации: концентрация IgE = 0,35÷0,69 кЕ/л соответствовала I классу (слабая сенсибилизация); IgE = 0,70÷3,49 кЕ/л – II классу (умеренная); IgE = 3,5÷17,49 кЕ/л – III классу (средний уровень сенсибилизации), IgE = 17,5÷49,9 кЕ/л – IV классу (высокий уровень), IgE = 50,0÷99,90 кЕ/л – V классу (очень высокий уровень), IgE > 100 кЕ/л – VI классу (предельно высокий уровень).

Описательный и сравнительный статистический анализ данных выполнен с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics (США) и программы Microsoft Office Excel (США), результаты представлены в виде сводных таблиц и графиков. Сравнительный анализ данных производили с использованием t-критерия Стьюдента, U-критерия Манна–Уитни, корреляционного анализа. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принят  $p = 0,05$ .

#### Этическая экспертиза

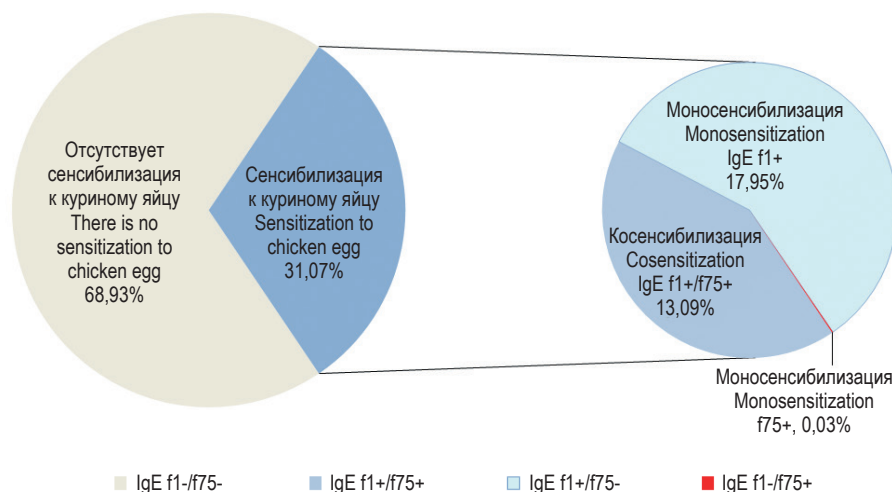
На заседании локального независимого этического комитета ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» принято консенсусное решение одобрить проведение данного исследования и подготовить мате-

риалы работы для публикации (Протокол № 6 от 07.07.2022).

## Результаты

У детей с пищевой аллергией и атопическим дерматитом обнаружена высокая частота сенсибилизации к куриному яйцу: 954 пациента (31,07%) из 3070 детей, включенных в исследование, имели клинически значимые уровни IgE к компонентам куриного яйца. Частота сенсибилизации к белку (953 пациента, 31,04%) была статистически значимо выше частоты сенсибилизации к желтку (403 пациента, 13,13%) ( $p = 0,001$ ). Данные представлены на рисунке 1.

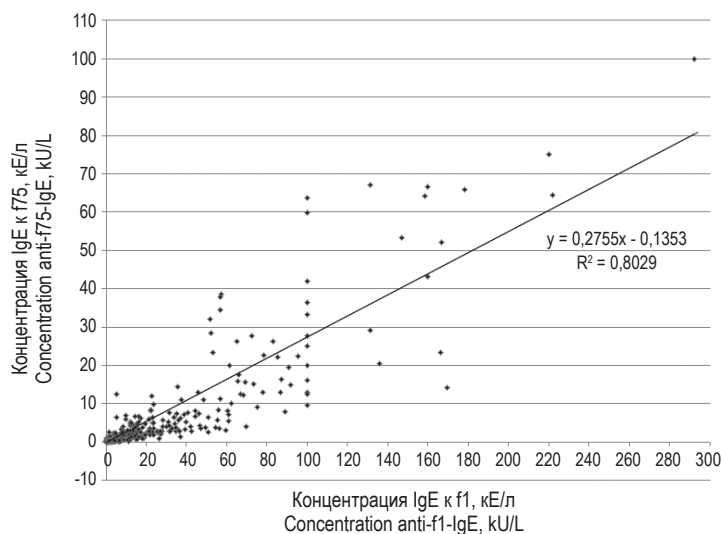
Среди обследованных пациентов практически отсутствовали случаи моносенсибилизации к желтку куриного яйца: из 3070 пациентов выявлен только один ребенок с клинически значимым уровнем IgE к экстракту аллергенов желтка куриного яйца (f75) при отсутствии антител к экстракту аллергенов белка (f1), т. е. 0,03% от всех обследованных детей, или 0,10% от пациентов, сенсибилизированных к яйцу. Важно отметить, что уровень IgE к желтку у данного пациента был невысоким – 0,97 кЕ/л, что соответствовало второму классу сенсибилизации. За исключением этого пациента у всех остальных детей, имеющих IgE к желтку (402 пациента, 13,09%), также были обнаружены клинически значимые уровни IgE к экстракту аллергенов белка. Таким образом, 13,09% обследованных детей были косенсибилизированы.



**Рисунок 1. Сенсибилизация к куриному яйцу у пациентов с пищевой аллергией, где IgE f1+/f75+ – частота косенсибилизации к белку и желтку, IgE f1+/f75- – частота моносенсибилизации к белку, IgE f1-/f75+ – частота моносенсибилизации к желтку**

Figure 1. Sensitization to chicken egg in patients with food allergy, where IgE f1+/f75+ is the frequency of sensitization to white and yolk together, IgE f1+/f75- is the frequency of monosensitization to white, IgE f1-/f75+ is the frequency of monosensitization to yolk





**Рисунок 2. Корреляционная зависимость концентрации IgE к белку и желтку куриного яйца у детей с пищевой аллергией**

Figure 2. Correlation of IgE concentration to different components of chicken eggs in children with food allergies

Среди обследованных пациентов наблюдалось значительное число детей, сенсibilизированных только к белку куриного яйца (моносенсибилизация): IgE к экстракту аллергенов белка при отсутствии IgE к экстракту аллергенов желтка обнаружена у 551 пациента (17,95%).

У пациентов, сенсibilизированных к обоим компонентам яйца одновременно, обнаружена статистически значимая положительная сильная корреляция концентрации IgE к экстракту аллергенов желтка (IgE к f75) и экстракту аллергенов белка (IgE к f1) (коэффициент корреляции Спирмена  $r = 0,803$ ,  $p = 0,001$ ). Корреляционная зависимость представлена на рисунке 2.

Нами было отмечено, что при уровне IgE к f1 (белку куриного яйца) в диапазоне 0,35÷49,9 кЕ/л (I-IV класс сенсibilизации) значения концентрации IgE к f75 (желтку куриного яйца), выявляемые у пациентов, находились в более узком диапазоне 0,0÷14,5 кЕ/л (0-III класс сенсibilизации). У пациентов с IgE к f1, соответствующим V-классу сенсibilизации (50,0÷99,9 кЕ/л), концентрация антител к желтку находилась в диапазоне 2,6÷38,7 кЕ/л (II-IV класс сенсibilизации). У пациентов с максимально высоким классом сенсibilизации к белку куриного яйца > 100,0 кЕ/л (VI класс сенсibilизации) диапазон уровней IgE к f75 был наиболее широким

**ТАБЛИЦА 1. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРА КОНЦЕНТРАЦИЯ IgE К ЖЕЛТКУ КУРИНОГО ЯЙЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ СЕНСIBILИЗАЦИИ ПАЦИЕНТА К БЕЛКУ КУРИНОГО ЯЙЦА**

TABLE 1. STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE IgE ANTIBODIES TO EGG YOLK CONCENTRATION, DEPENDING ON THE DEGREE OF PATIENT SENSITIZATION TO WHITE EGG

| Класс сенсibilизации, IgE_f1<br>Sensitization class, IgE_f1 | Среднее значение концентрации IgE_f75, кЕ/л<br>Average IgE_f75 concentration value, kU/L | Стандартное отклонение, кЕ/л<br>Standard deviation, kU/L | Минимум, кЕ/л<br>Minimum, kU/L | Максимум, кЕ/л<br>Maximum, kU/L | Медиана, кЕ/л<br>Median, kU/L |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| I (0,35-0,66)                                               | 0,12                                                                                     | 0,09                                                     | 0,01                           | 0,68                            | 0,10                          |
| II (0,70-3,49)                                              | 0,30                                                                                     | 0,28                                                     | 0,03                           | 2,69                            | 0,22                          |
| III (3,50-17,49)                                            | 1,63                                                                                     | 1,71                                                     | 0,15                           | 12,40                           | 1,01                          |
| IV (17,5-49,9)                                              | 4,51                                                                                     | 2,99                                                     | 0,92                           | 14,50                           | 3,58                          |
| V (50,0-99,9)                                               | 16,01                                                                                    | 10,04                                                    | 2,67                           | 38,70                           | 14,90                         |
| VI (> 100)                                                  | 42,24                                                                                    | 24,10                                                    | 9,65                           | 100,00                          | 39,25                         |

(9,6÷100,0 кЕ/л), при этом встречались максимальные значения IgE к f75, что отсутствовало в других подгруппах. Статистические характеристики параметра IgE к f75 приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таким образом, у косенсибилизированных пациентов, имеющих слабую или умеренную степень сенсibilизации к белку куриного яйца, сенсibilизация к желтку не превышала третьего класса сенсibilизации. С ростом интенсивности IgE-ответа на белок куриного яйца у пациентов росла выраженность ответа на желток. У детей с V классом сенсibilизации к белку концентрация IgE к желтку соответствовала преимущественно III и IV классу. А при максимальной степени сенсibilизации пациентов к белку снижалось количество детей со средним уровнем сенсibilизации к желтку и значительно увеличивалось количество пациентов с IV и V классами сенсibilизации.

При анализе возрастных особенностей сенсibilизации детей к куриному яйцу нами обнаружена зависимость от возраста динамика уровня IgE к экстрактам аллергенов куриного яйца. Наибольшее число сенсibilизированных пациентов выявлены в группе детей первого года жизни, а наименьшее число — у детей старше 14 лет.

Дети первого года жизни в 41,8% случаев имели клинически значимые уровни IgE к куриному яйцу, что статистически значимо чаще сенсibilизации в группах детей старших возрастных групп ( $p = 0,001$ ). При этом у детей в возрасте 6-12 месяцев преобладала косенсибилизация (IgE к белку и желтку куриного яйца) — 26,5%, а моносенсibilизация к белку встречалась статистически значимо реже — 15,3% ( $p < 0,05$ ). Данные представлены на рисунке 4.

В группе детей возраста 1-2 года общая частота сенсibilизации к куриному яйцу была статистически значимо меньше, чем у детей первого года жизни — 35,7% ( $p = 0,034$ ), что связано с уменьшением числа косенсибилизированных пациентов (17,9% против 26,5%). Число моносенсibilизированных пациентов значимо не изменялось (17,9%) по сравнению с детьми первого года жизни. Таким образом, число моносенсibilизированных и косенсибилизированных пациентов в возрастной группе 1-2 года было равным ( $p > 0,05$ ).

У детей 2-4 и 4-6 лет общая частота сенсibilизации к куриному яйцу значимо не изменялась (35,3% и 33,2%) по сравнению с детьми 1-2 лет (35,74%). При этом значимо изменялось соотношение числа косенсибилизированных и моносенсibilизированных пациентов. Статистически значимо преобладали пациенты с позитивным IgE-ответом на экстракт аллергенов белка куриного яйца (22,8% и 21,5% у детей 2-4 лет и 4-6 лет соответственно), а доля пациентов, имеющих IgE к белку и желтку одновременно,

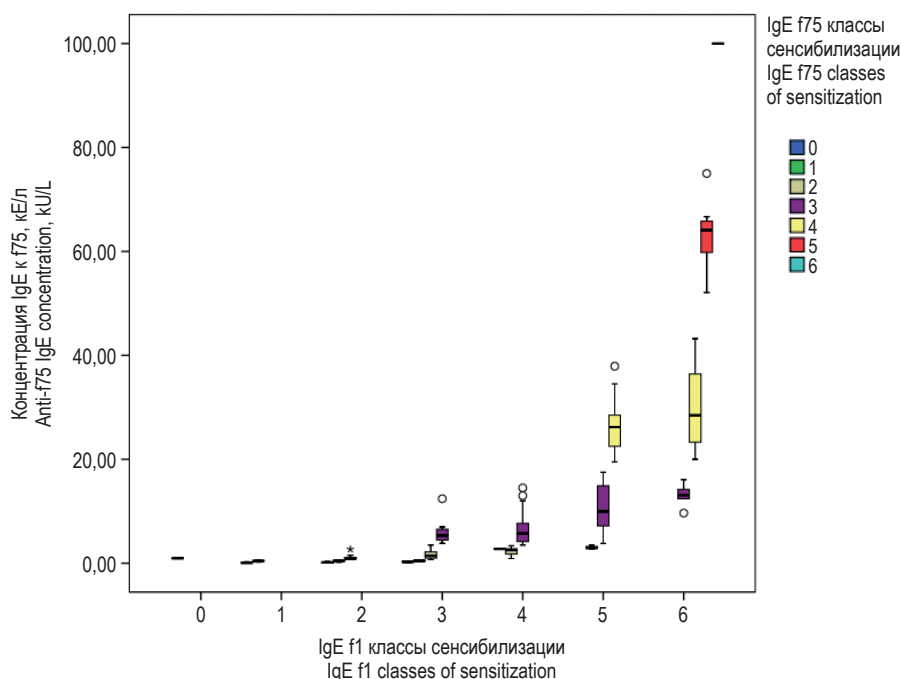
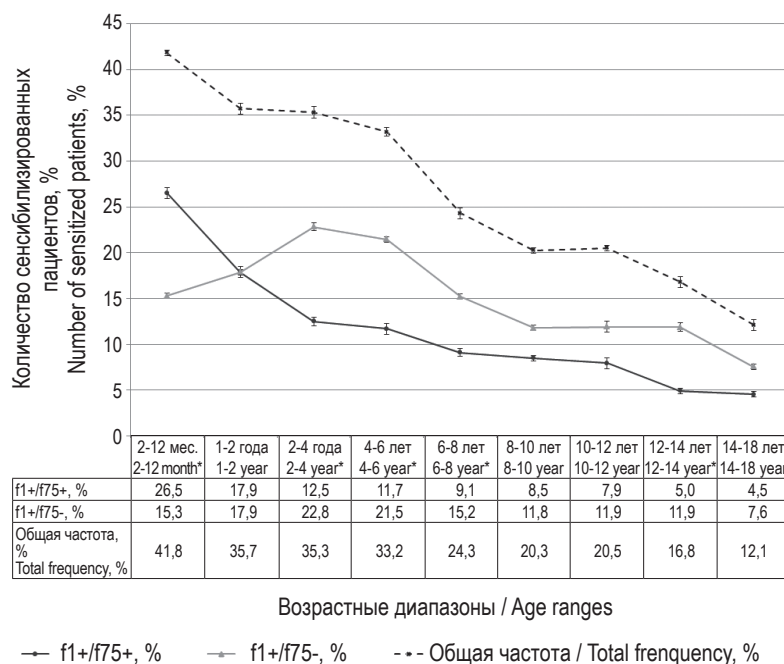


Рисунок 3. Соотношение позитивных IgE-ответов на желток и белок куриного яйца, выраженных в классах сенсibilизации

Figure 3. The ratio of positive IgE responses to egg yolk and egg white expressed in sensitization classes



**Рисунок 4. Возрастная динамика сенсibilизации детей к компонентам куриного яйца, где f1+/f75+ – частота ко-сенсibilизации к белку и желтку, f1+/f75- – частота моносенсibilизации к белку**

**Примечание.** Также на рисунке указана суммарная частота сенсibilизации к куриному яйцу. \* – статистически значимые различия частоты моно- и ко-сенсibilизации у пациентов одного возрастного диапазона.

Figure 4. Age dynamics of children sensitization to the components of a chicken egg, where f1+/f75+ is the frequency of sensitization to white and yolk together, f1+/f75- is the frequency of monosensitization to white

Note. The total frequency of sensitization to chicken egg are also shown at the figure. \*, statistically significant differences in the frequency of mono- and co sensitization in patients of the same age range.

снижалась (12,5%,  $p = 0,006$  и 11,7%,  $p = 0,002$  соответственно) по сравнению с детьми 1-2 лет.

В группах детей старше 6 лет статистически значимо снижалась частота сенсibilизации к куриному яйцу по сравнению с детьми младшего возраста ( $p < 0,05$  для всех групп пациентов), данные приведены на рисунке 4. Отмеченное изменение происходило как за счет уменьшения числа ко-сенсibilизированных, так и числа моносенсibilизированных пациентов (рис. 4). Наименьшее число пациентов, сенсibilизированных к желтку и белку куриного яйца, выявлено в группе детей старше 14 лет.

В отношении выраженности IgE-ответа на f1 и f75 также была показана возрастная динамика, направленная на снижение интенсивности уровня IgE с возрастом. Как ранее нами было описано [3], у детей старшего возраста число высокопозитивных ответов на белок куриного яйца снижалось и увеличивалась доля пациентов со средним или низким уровнем IgE к f1. У детей старше 12 лет не встречались IgE к f1, соответствующие VI классу сенсibilизации ( $\text{IgE} > 100,0 \text{ кЕ/л}$ ), а у детей старше 14 лет уровень данных антител не превышал 50,0 кЕ/л (V класс).

Аналогичная тенденция наблюдалась нами для параметра IgE к f75. Высокопозитивный ответ (VI класс,  $\text{IgE} > 100,0 \text{ кЕ/л}$ ) был крайне редкий, обнаружен только у одного пациента в возрасте 4,5 лет. Уровни антител, соответствующие V классу сенсibilизации (50,0-99,9 кЕ/л), не выявлялись у детей старше 8 лет и отсутствовали у детей первого года жизни. IV класс сенсibilизации (17,0-49,9 кЕ/л) также обнаружен преимущественно у детей младше 8 лет, не встречался у детей старше 14 лет. У пациентов старше 6 лет преобладали значения IgE к f75, не превышающие 3,5 кЕ/л.

Данные представлены на рисунке 5.

Анализ IgE-ответа на аллергены куриного яйца в зависимости от пола показал, что у детей обоих полов IgE-ответ на цельные экстракты аллергенов куриного яйца (белка, желтка) является сходным. Статистически значимые различия между IgE-ответом мальчиков и девочек выявлены только в группах детей старше 14 лет и только в отношении IgE-ответа на аллергены белка куриного яйца: частота позитивного IgE-ответа была статистически значимо ниже у девочек старше 14 лет по сравнению с мальчиками того

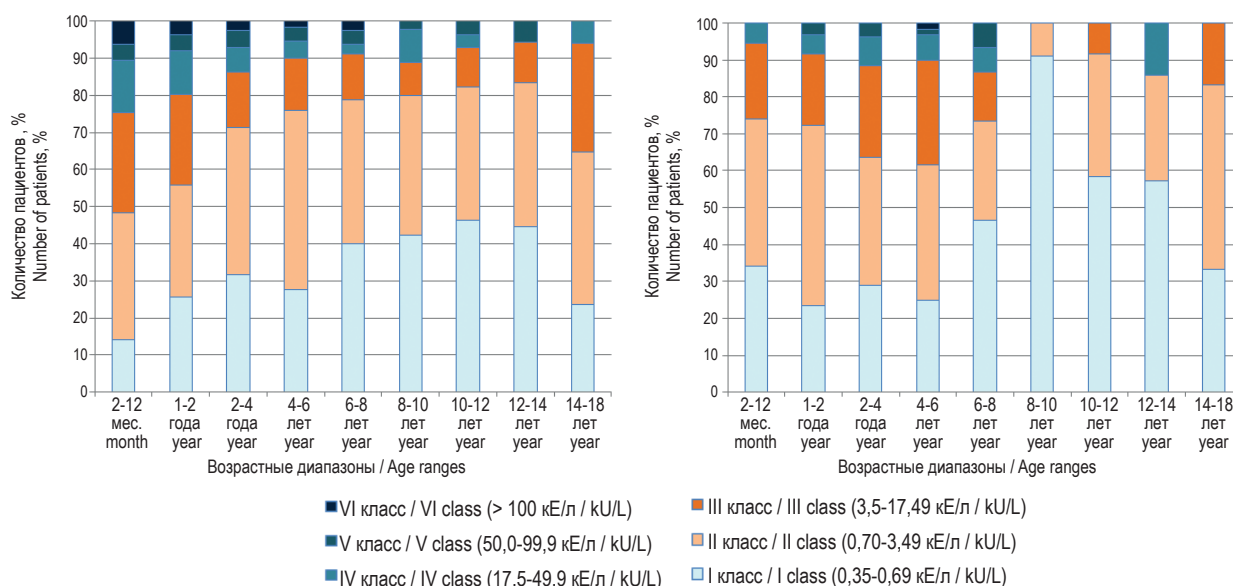


Рисунок 5. Выраженность сенсibilизации к белку и желтку куриного яйца у детей различных возрастов.

Figure 5. Severity of sensitization to white egg and yolk of a chicken egg in children of different ages

же возраста. В то же время возрастная динамика IgE-ответа на желток куриного яйца была одинакова у мальчиков и девочек. Данные представлены на рисунке 6.

Мы обнаружили, что 437 девочек (29,4%) имели IgE-антитела хотя бы к одному из компонентов куриного яйца. При этом ни у одной девочки не выявлена моносенсibilизация к желтку куриного яйца.

Позитивный IgE-ответ наиболее часто встречался у девочек первого года жизни, а у девочек 1-6 лет был значимо ниже ( $p = 0,014$ ,  $p = 0,016$ ,  $p = 0,002$ ). У девочек 6-12 лет частота сенсibilизации была сходной между группами, но значимо ниже, чем в группах детей младше 6 лет ( $p = 0,002$ ,  $p = 0,001$ ,  $p = 0,001$ ). Девочки 12-14 лет и 14-18 лет статистически значимо реже были сенсibilизированы к куриному яйцу по сравнению с девочками младшего возраста ( $p = 0,001$  для всех сравниваемых групп).

У девочек 6-12 месяцев чаще встречалась косенсibilизация, чем моносенсibilизация ( $p < 0,05$ ). У девочек 1-2 лет число случаев косенсibilизации и моносенсibilизации значимо не отличалось ( $p > 0,05$ ). А у девочек старше 2 лет число случаев моносенсibilизации было значимо больше, чем случаев косенсibilизации ( $p < 0,05$  для всех сравниваемых групп).

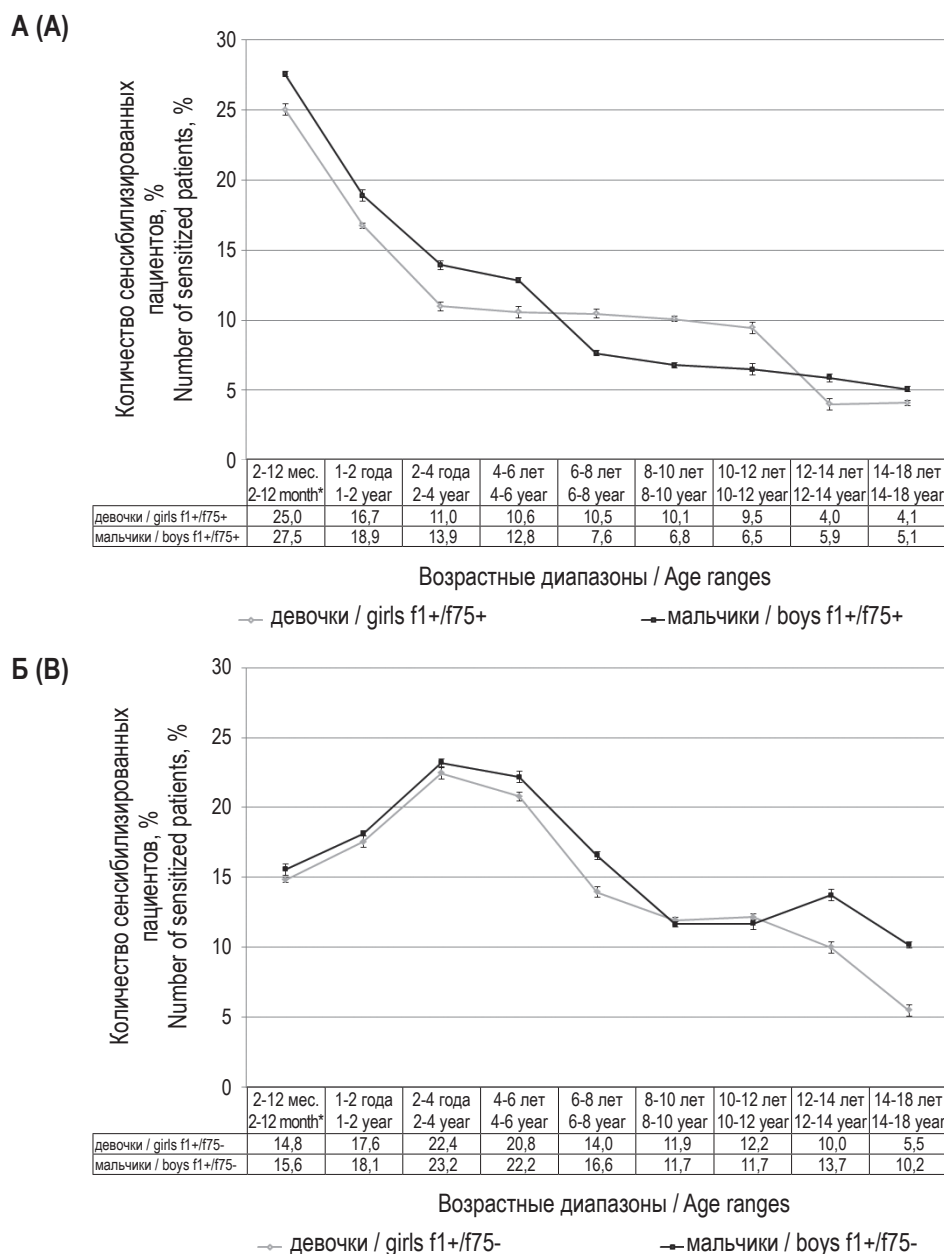
Между группами девочек 2-4 лет и 4-6 лет отсутствовали значимые различия в частоте моносенсibilизации (22,4% и 20,8% соответственно), а также в частоте косенсibilизации (11,0% и 10,6% соответственно), а моносенсibilизация встречалась значимо чаще ( $p = 0,002$ ,  $p = 0,001$ ).

Среди девочек 6-8 лет и 8-10 лет косенсibilизированы были 10,5% и 10,1%, а моносенсibilизированы 14,0% и 11,9% соответственно. Девочки 10-12 лет сохранили тенденцию к уменьшению общего количества положительных ответов на куриное яйцо: число случаев моносенсibilизации — 12,1%, косенсibilизации — 9,5%. У девочек 12-14 лет и 14-18 лет была отмечена наименьшая частота косенсibilизации (4,0% и 4,1%), а также моносенсibilизации (10,0% и 5,5% соответственно). Данные представлены на рисунке 6.

Аналогичная тенденция показана для мальчиков: IgE к аллергенам куриного яйца выявлены у 517 пациентов (32,7%); сочетанное выявление IgE антител к белку и к желтку отмечено у 14,0% пациентов; IgE только к белку куриного яйца имели 18,6% пациентов. Выявлен один ребенок в возрасте 11 лет, имеющий антитела только к желтку куриного яйца при отсутствии антител к белку (IgE f75 = 0,93, что соответствует II классу сенсibilизации).

Как и среди девочек, у мальчиков наибольшее число случаев сенсibilизации к куриному яйцу выявлено на первом году жизни (43,1%); пациенты 1-2 лет, 2-4 лет и 4-6 лет были сенсibilизированы к куриному яйцу в 37,0%, 37,1% и 35,0% соответственно. Значимо ниже частота сенсibilизации к куриному яйцу была выявлена у мальчиков 6-8 лет (24,2%) по сравнению с детьми младших возрастных диапазонов. У мальчиков 8-10 лет, 10-12 лет, 12-14 лет, частота сенсibilизации была значимо ниже по сравнению с детьми старшего и младшего возрастов (18,4%, 19,5%, 19,6% случаев сенсibilизации соответственно,





**Рисунок 6. А – частота косенситизации к белку и желтку куриного яйца у детей различных возрастов в зависимости от пола, где f1+/f75+ – частота косенситизации к белку и желтку. Б – частота моносенсибилизации к белку куриного яйца у детей различных возрастов в зависимости от пола, где f1+/f75- – частота моносенсибилизации к белку**

Figure 6. A, the frequency of co-sensitization to egg white and yolk in children of different ages, depending on gender, where f1+/f75+ is the frequency of sensitization to white and yolk together. B, the frequency of monosensitization to egg white and yolk in children of different ages, depending on gender, where f1+/f75- is the frequency of monosensitization to white

$p < 0,05$ ), но значимо не изменялась между указанными группами. В группе детей старше 14 лет выявлено наименьшее количество сенситизированных к куриному яйцу пациентов среди мальчиков (15,3%).

У мальчиков разных возрастных диапазонов, так же как и у девочек, отмечено разное число случаев моносенсибилизации к белку и коенси-

билизации к белку и желтку куриного яйца. Данные представлены на рисунках 5 и 6. У пациентов первого года жизни чаще встречалась сочетанная сенситизация (27,5%), чем моносенсибилизация к белку (15,6%) ( $p = 0,001$ ). У мальчиков второго года жизни число случаев косенситизации и моносенсибилизации значимо не отличалось (18,9% и 18,1% соответственно). У детей старше-

го возраста статистически значимо чаще выявлялась моносенсибилизация к белку куриного яйца по сравнению с косенсибилизацией: моносенсибилизация к белку куриного яйца встречалась в 23,2%, 22,2%, 16,6% случаях у детей 2-4 лет, 4-6 лет, 6-8 лет соответственно, а косенсибилизация — в 13,9%, 12,8%, 7,6% соответственно.

У мальчиков старше 8 лет число случаев моносенсибилизации было ниже, по сравнению с детьми младшего возраста, а также отсутствовала статистически значимая разница в частоте сенсибилизации у детей 8-10 лет, 10-12 лет, 12-14 лет, 14-18 лет (6,8%, 6,5%, 5,9%, 5,1% — косенсибилизированы, 11,7%, 11,7%, 13,7%, 10,2% — моносенсибилизированы соответственно).

## Обсуждение

Сенсибилизация к куриному яйцу и отдельным его компонентам является широко распространенным явлением у пациентов с пищевой аллергией и/или в сочетании с атопическим дерматитом. Согласно результатам нашего исследования более 30% детей с симптомами пищевой аллергии, такими как тошнота, рвота, расстройство стула, отеки слизистых, крапивница, экзема, развивающиеся после приема пищи, имеют клинически значимые уровни IgE к различным компонентам куриного яйца. Полученные нами данные согласуются с материалами обзорной работы, в которой показано, что пищевая аллергия к куриному яйцу встречается у 25-77% детей, страдающих атопическим дерматитом [4, 14]. При изучении возрастной динамики сенсибилизации детей нами было выявлено: наибольшее число пациентов, имеющих клинически значимые уровни IgE к различным компонентам куриного яйца, встречается среди детей первого года жизни. Полученные нами результаты согласуются с результатами работы А.Н. Пампуры, в которой отмечено, что аллергия к куриному яйцу является приблизительно у 1,5-2% детей первых 3 лет жизни [2]. В то же время у детей старше 14 лет частота сенсибилизации к компонентам куриного яйца была наименьшая.

Нами показано, что с возрастом снижается не только частота позитивных IgE-ответов, но и его интенсивность. Ранее мы изучили IgE-ответ на белок куриного яйца, и показали, что наибольшее число пациентов с крайне высокой и высокой степенью сенсибилизации встречается в дошкольном возрасте [3]. Аналогичная тенденция выявлена и для IgE-ответа на желток куриного яйца: выраженность иммунного ответа снижается у детей старше 8 лет, отсутствуют предельно высокие значения IgE к f75, преобладают низкопозитивные и средней степени уровни антител.

В отличие от ряда публикаций [7, 9] нами показана важная роль желтка как источника аллергенов при развитии пищевой аллергии и атопического дерматита у детей даже самого раннего возраста, так, 26,6% детей первого года жизни имели сенсибилизацию к желтку куриного яйца. При этом роль желтка как триггера аллергических реакций значительно снижалась у пациентов старших возрастных диапазонов и была минимальна для детей в возрасте 14-18 лет.

Кроме того, мы обнаружили, что случаи моносенсибилизации к желтку крайне редки. Частота выявления клинически значимых уровней IgE к желтку при отсутствии антител к белку куриного яйца составляет только 0,1% среди сенсибилизированных пациентов.

Обнаруженная нами зависимость частоты и интенсивности позитивных IgE-ответов на желток и на белок куриного яйца от возраста детей может объясняться возможностью ранней сенсибилизации, при которой первичный контакт пациента с аллергеном происходит внутриутробно или в период грудного вскармливания, а повторный контакт и развитие клинических симптомов — при введении в рацион ребенка прикорма, в том числе желтка. Наши данные согласуются с данными работы Vance G.H. и соавт., которые показали, что сенсибилизация к куриному яйцу у ребенка может происходить внутриутробно и при грудном вскармливании [12]. Этим фактом может объясняться более высокая частота встречаемости моносенсибилизации (к белку) и косенсибилизации (к белку и желтку) у детей первого года жизни.

Обращает на себя внимание наличие выраженного перекреста в частоте позитивного IgE-ответа на разные аллергены куриного яйца у детей первых двух лет жизни. У детей 6-12 месяцев преобладает косенсибилизация над моносенсибилизацией, а у пациентов 1-2 лет число случаев косенсибилизации значимо снижается и становится равным числу моносенсибилизаций. При этом число случаев моносенсибилизации к белку у детей первого и второго года жизни значимо не отличается. Затем, у детей 2-4 лет и 4-6 лет отмечается рост числа случаев моносенсибилизации, но еще больше снижается число случаев косенсибилизации, так что общее число позитивных IgE-ответов на куриное яйцо в данных возрастных группах остается прежним. И только у детей старше 6 лет снижается частота как косенсибилизаций, так и моносенсибилизаций. Таким образом, минимальная частота сочетанной сенсибилизации к желтку и белку, моносенсибилизации к белку отмечается у детей старше 14 лет.

Отмеченные явления не зависят от пола детей, за исключением детей старше 14 лет, в группе ко-

торых число случаев моноенсибилизации значимо ниже у девочек по сравнению с мальчиками того же возраста. Наблюдаемые нами значимое снижение распространенности в циркуляции и количества IgE антител к белку и к желтку куриного яйца у детей старше 6 лет позволяет предполагать развитие толерантности к данному пищевому продукту.

## Заключение

Снижение частоты и интенсивности IgE-ответов к компонентам куриного яйца, как к белку, так и желтку у пациентов с пищевой аллергией и атопическим дерматитом, наблюдается у детей старших возрастных групп относительно групп детей первых лет жизни. С возрастом наблюдается прогрессивное уменьшение числа коенсибилизированных пациентов. Число моноенсибилизированных детей сначала повышается

в группах детей 2-6 лет, а у детей старше 6 лет снижается. Максимальная распространенность и интенсивность IgE-ответов на белок и желток куриного яйца у детей первого года жизни свидетельствует о крайне раннем контакте пациента с аллергеном. Наблюдается снижение числа IgE-позитивных пациентов к подростковому возрасту, что может свидетельствовать о формировании иммунологической толерантности как к желтку, так и к белку куриного яйца. Однако остается открытым вопрос приверженности пациентов элиминационной диете и вопрос изучения иммунных механизмов аллергических реакций. Несмотря на значительное снижение распространенности аллергии на куриное яйцо у детей старшего возраста, у ряда пациентов сохраняется персистирующая аллергия, что требует дополнительных исследований механизмов формирования иммунного ответа на аллергены с возрастом.

## Список литературы / References

1. Варламов Е.Е., Пампура А.Н., Окунева Т.С. Диагностическое значение пероральных провокационных проб у детей с атопическим дерматитом // Российский вестник перинатологии и педиатрии, 2012. Т. 6. С. 37-41. [Varlamov E.E., Pampura A.N., Okuneva T.S. Diagnostic possibilities of open oral challenge tests in children with atopic dermatitis. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*, 2012, Vol. 6, pp. 37-41. (In Russ.)]
2. Пампура А.Н., Варламов Е.Е., Конюкова Н.Г. Пищевая аллергия у детей раннего возраста // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского, 2016. Т. 95, № 3. С. 152-157. [Pampura A.N., Varlamov E.E., Konjukova N.G. Food allergy in infants. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo = Pediatrics. G. Speransky Journal*, 2016, Vol. 95, no. 3, pp. 152-157. (In Russ.)]
3. Сновская М.А., Семикина Е.Л., Макарова С.Г., Ерешко О.А., Ясаков Д.С., Галимова А.А. Возрастные особенности сенсibilизации к белку куриного яйца у детей с пищевой аллергией // Российский аллергологический журнал, 2022. Т. 19, № 4. С. 460-471. [Snovskaya M.A., Semikina E.L., Makarova S.G., Ereshko O.A., Yasakov D.S., Galimova A.A. Age-related features of sensitization to chicken egg protein in children with food allergies. *Rossiyskiy allergologicheskiy zhurnal = Russian Allergology Journal*, 2022, Vol. 19, no. 4, pp. 460-471. (In Russ.)]
4. Федотова М.М., Федорова О.С., Коновалова У.В., Федотова М.М., Федорова О.С., Коновалова У.В., Камалтынова Е.М., Нагаева Т.А., Огородова Л.М. Пищевая аллергия к куриному яйцу: обзор современных исследований // Бюллетень сибирской медицины, 2018. Т. 17, № 2. С. 156-166. [Fedotova M.M., Fedorova O.S., Konovalova U.V., Fedotova M.M., Fedorova O.S., Konovalova U.V., Kamaltynova E.M., Nagaeva T.A., Ogorodova L.M. Hen's egg allergy: an update. *Byulleten sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine*, 2018, Vol. 17, no. 2, pp. 156-166. (In Russ.)]
5. Dhanapala P., Doran T., Tang M.L.K., Suphioglu C. Production and immunological analysis of IgE reactive recombinant egg white allergens expressed in *Escherichia coli*. *Mol. Immunol.*, 2015, Vol. 65, no. 1, pp. 104-112.
6. Gray C.L., Levin M.E., du Toit G. Egg sensitization, allergy and component patterns in African children with atopic dermatitis. *Pediatr. Allergy Immunol.*, 2016, Vol. 27, no. 7, pp. 709-715.
7. Kovacs-Nolan J., Phillips M., Mine Y. Advances in the value of eggs and egg components for human health. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, Vol. 53, pp. 8421-8431.
8. Mine Y., Yang M. Recent advances in the understanding of egg allergens: basic, industrial, and clinical perspectives. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, Vol. 56, no. 13, pp. 4874-4900.
9. Palmer D.J., Metcalfe J., Makrides M., Gold M.S., Quinn P., West C.E., Loh R., Prescott S.L. Early regular egg exposure in infants with eczema: A randomized controlled trial. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2013, Vol. 132, pp. 3873-3892.
10. Peters R.L., Koplin J.J., Gurrin L.C., Dharmage S.C., Wake M., Ponsonby A.L., Tang M.L.K., Lowe A.J., Matheson M., Dwyer T., Allen K.J. The prevalence of food allergy and other allergic diseases in early childhood in a population-based study: HealthNuts age 4-year follow-up. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2017, Vol. 140, no. 1, pp. 1451-1453.

11. Urisu A., Kondo Y., Tsuge I. Hen's egg allergy. *Chem. Immunol. Allergy*, 2015, Vol. 101, pp. 124-130.
12. Vance G.H., Lewis S.A., Grimshaw K.E., Wood P.J., Briggs R.A., Thornton C.A., Warner J.O. Exposure of the fetus and infant to hens' egg ovalbumin via the placenta and breast milk in relation to maternal intake of dietary egg. *Clin. Exp. Allergy*, 2005, Vol. 35, no. 10, pp. 1318-1326.
13. Wei-Liang Tan J., Valerio C., Barnes E.H., Turner P.J., Van Asperen P.A., Kakakios A.M., Campbell D.E. Beating Egg Allergy Trial (BEAT) Study Group. A randomized trial of egg introduction from 4 months of age in infants at risk for egg allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2017, Vol. 139, no. 5, pp. 1621-1628.
14. Withanage-Dona D., Suphioglu C. Egg Allergy: Diagnosis and immunotherapy. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, Vol. 21, no. 14, pp. 5010-5045.

---

**Авторы:**

**Сновская М.А.** — к.м.н., ведущий научный сотрудник  
ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский  
центр здоровья детей» Министерства здравоохранения  
РФ, Москва, Россия

**Семикина Е.Л.** — д.м.н., заведующая лабораторным  
отделом ФГАУ «Национальный медицинский  
исследовательский центр здоровья детей»  
Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия

**Макарова С.Г.** — д.м.н., заместитель директора по  
научной работе ФГАУ «Национальный медицинский  
исследовательский центр здоровья детей»  
Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия

**Петричук С.В.** — д.б.н., главный научный сотрудник  
ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский  
центр здоровья детей» Министерства здравоохранения  
РФ, Москва, Россия

**Курбатова О.В.** — к.м.н., и.о. заведующего  
лабораторией экспериментальной иммунологии  
и вирусологии ФГАУ «Национальный медицинский  
исследовательский центр здоровья детей»  
Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия

**Жужула А.А.** — младший научный сотрудник ФГАУ  
«Национальный медицинский исследовательский центр  
здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ,  
Москва, Россия

**Ерешко О.А.** — к.м.н., старший научный сотрудник  
ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский  
центр здоровья детей» Министерства здравоохранения  
РФ, Москва, Россия

**Галимова А.А.** — младший научный сотрудник ФГАУ  
«Национальный медицинский исследовательский центр  
здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ,  
Москва, Россия

---

**Authors:**

**Snovskaya M.A.**, PhD (Medicine), Leading Research  
Associate, National Medical Research Center for Children's  
Health, Moscow, Russian Federation

**Semikina E.L.**, PhD, MD (Medicine), Head, Laboratory  
Department, National Medical Research Center for Children's  
Health, Moscow, Russian Federation

**Makarova S.G.**, PhD, MD (Medicine), Deputy Director for  
Research, National Medical Research Center for Children's  
Health, Moscow, Russian Federation

**Petrichek S.V.**, PhD, MD (Medicine), Chief Research  
Associate, National Medical Research Center for Children's  
Health, Moscow, Russian Federation

**Kurbatova O.V.**, PhD (Medicine), Acting Head, Laboratory  
of Experimental Immunology and Virology, National Medical  
Research Center for Children's Health, Moscow, Russian  
Federation

**Zhuzhula A.A.**, Junior Research Associate, National Medical  
Research Center for Children's Health, Moscow, Russian  
Federation

**Ereshko O.A.**, PhD (Medicine), Senior Research Associate,  
National Medical Research Center for Children's Health,  
Moscow, Russian Federation

**Galimova A.A.**, Junior Research Associate, National Medical  
Research Center for Children's Health, Moscow, Russian  
Federation

---

Поступила 17.01.2024  
Принята к печати 09.03.2024

---

Received 17.01.2024  
Accepted 09.03.2024