

# 대한천식알레르기학회 알레르기 면역요법 진료지침

이화영,<sup>1</sup> 강성윤,<sup>2</sup> 김경훈,<sup>3</sup> 김주희,<sup>4</sup> 류광희,<sup>5</sup> 민진영,<sup>6</sup> 박경희,<sup>7</sup> 박소영,<sup>8</sup> 성명순,<sup>9</sup> 이영수,<sup>10</sup> 양은애,<sup>11</sup> 지혜미,<sup>12</sup> 하은교,<sup>13</sup> 신유섭,<sup>10</sup> 이상민,<sup>2</sup> 정은희,<sup>14</sup> 최선희,<sup>15</sup> 고영일,<sup>16</sup> 김선태,<sup>17</sup> 남동호,<sup>10</sup> 박중원,<sup>7</sup> 심정연,<sup>18</sup> 안영민,<sup>19</sup> 한두희,<sup>20</sup> 한만용,<sup>12</sup> 이용원,<sup>21</sup> 최정희<sup>22</sup>;  
대한천식알레르기학회 면역요법/알레르기연구팀

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 내과, <sup>2</sup>가천대길병원 호흡기알레르기내과, <sup>3</sup>서울대학교 의과대학 소아과학교실, <sup>4</sup>경희대학교 의과대학 소아청소년과학교실, <sup>5</sup>성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 이비인후과, <sup>6</sup>경희대학교 의과대학 이비인후과학교실, <sup>7</sup>연세대학교 의과대학 내과학교실, <sup>8</sup>중앙대학교 의과대학 내과학교실, <sup>9</sup>순천향대학교 구미병원 소아청소년과, <sup>10</sup>아주대학교 의과대학 알레르기내과학교실, <sup>11</sup>가톨릭대학교 의과대학 대전성모병원 소아청소년과, <sup>12</sup>차의과학대학교 분당차병원 소아청소년과, <sup>13</sup>한림대학교 의과대학 강남성심병원 소아청소년과, <sup>14</sup>충남대학교 의과대학 소아청소년과학교실, <sup>15</sup>경희대학교 강동병원 소아청소년과, <sup>16</sup>전남대학교 의과대학 알레르기내과학교실, <sup>17</sup>가천대학교 의과대학 길병원 이비인후과, <sup>18</sup>성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 소아청소년과, <sup>19</sup>장스 소아과, <sup>20</sup>서울대학교 의과대학 이비인후과학교실, <sup>21</sup>가톨릭관동대학교 의과대학 국제성모병원 알레르기내과/의학산업연구센터, <sup>22</sup>한림대학교동탄성심병원 호흡기알레르기내과

## The Korean Academy of Asthma Allergy and Clinical Immunology guidelines for allergen immunotherapy

Hwa Young Lee,<sup>1</sup> Sung-Yoon Kang,<sup>2</sup> Kyunghoon Kim,<sup>3</sup> Ju Hee Kim,<sup>4</sup> Gwanghui Ryu,<sup>5</sup> Jin-Young Min,<sup>6</sup> Kyung Hee Park,<sup>7</sup> So-Young Park,<sup>8</sup> Myongssoon Sung,<sup>9</sup> Youngsoo Lee,<sup>10</sup> Eun-Ae Yang,<sup>11</sup> Hye Mi Jee,<sup>12</sup> Eun Kyo Ha,<sup>13</sup> Yoo Seob Shin,<sup>10</sup> Sang Min Lee,<sup>2</sup> Eun Hee Chung,<sup>14</sup> Sun Hee Choi,<sup>15</sup> Young-Il Koh,<sup>16</sup> Seon Tae Kim,<sup>17</sup> Dong-Ho Nahm,<sup>10</sup> Jung Won Park,<sup>7</sup> Jung Yeon Shim,<sup>18</sup> Young Min An,<sup>19</sup> Doo Hee Han,<sup>20</sup> Man Yong Han,<sup>12</sup> Yong Won Lee,<sup>21</sup> Jeong-Hee Choi,<sup>22</sup>; for the Korean Academy of Asthma Allergy and Clinical Immunology (KAAACI) Allergen Immunotherapy and Allergen Working Group

<sup>1</sup>Department of Internal Medicine, Seoul St Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul; <sup>2</sup>Division of Pulmonology and Allergy, Department of Internal Medicine, Gachon University Gil Medical Center, Gachon University College of Medicine, Incheon; <sup>3</sup>Department of Pediatrics, Seoul National University College of Medicine, Seoul; <sup>4</sup>Department of Pediatrics, Kyung Hee University Medical Center, Seoul; <sup>5</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul; <sup>6</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, Kyung Hee University Hospital, Kyung Hee University College of Medicine, Seoul; <sup>7</sup>Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul; <sup>8</sup>Department of Internal Medicine, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul; <sup>9</sup>Department of Pediatrics, Soonchunhyang University Gumi Hospital, Gumi; <sup>10</sup>Department of Allergy and Clinical Immunology, Ajou University School of Medicine, Suwon; <sup>11</sup>Department of Pediatrics, Daejeon St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Daejeon; <sup>12</sup>Department of Pediatrics, CHA Bundang Medical Center, CHA University School of Medicine, Seongnam; <sup>13</sup>Department of Pediatrics, Kangnam Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul; <sup>14</sup>Department of Pediatrics, Chungnam National University School of Medicine, Daejeon; <sup>15</sup>Department of Pediatrics, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, Seoul; <sup>16</sup>Department of Allergy and Clinical Immunology, Chonnam National University Hospital, Chonnam National University Medical School, Gwangju; <sup>17</sup>Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Gachon University Gil Medical Center, Gachon University College of Medicine, Incheon; <sup>18</sup>Department of Pediatrics, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul; <sup>19</sup>Jang's Pediatrics, Seoul; <sup>20</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul; <sup>21</sup>Division of Allergy & Clinical Immunology, Department of Internal Medicine, Center for Health Policy Research, Catholic Kwandong University College of Medicine, International St. Mary's Hospital, Incheon; <sup>22</sup>Department of Pulmonology and Allergy, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital, Hwaseong, Korea

Allergen immunotherapy (AIT) is a causative treatment of allergic diseases in which allergen extracts are regularly administered in a gradually escalated doses, leading to immune tolerance and consequent alleviation of allergic diseases. The need for uniform practice guidelines in AIT is continuously growing as the number of potential candidates for AIT increases and new therapeutic approaches are tried. This updated version of the Korean Academy of Asthma Allergy and Clinical Immunology recommendations for AIT, published in 2010, proposes an expert opinion by specialists in allergy, pediatrics, and otorhinolaryngology. This guideline deals with the basic knowledge of AIT, including mechanisms, clinical efficacy, allergen standardization, important allergens in Korea, and special consideration in pediatrics. The article also covers the methodological aspects of AIT, including patient selection, allergen selection, schedule and doses, follow-up care, efficacy measurements, and management of adverse reactions. Although this guideline suggests the optimal dosing schedule, an individualized approach and modifications are recommended considering the situation for each patient and clinic. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2024;12:102-124)

**Keywords:** Allergens, Immunotherapy, Guideline

Correspondence to: Yong Won Lee <https://orcid.org/0000-0002-6174-3479>  
Division of Allergy & Clinical Immunology, Department of Internal Medicine, Center for Health Policy Research, Catholic Kwandong University College of Medicine, International St. Mary's Hospital, 25 Simgok-ro 100beon-gil, Seo-gu, Incheon 22711, Korea  
Tel: +82-32-290-2963, Fax: +82-32-290-3879, Email: ywlee@cku.ac.kr

Co-correspondence to: Jeong-Hee Choi <https://orcid.org/0000-0002-0599-875X>  
Department of Pulmonology and Allergy, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital, 7 Keunjaebong-gil, Hwaseong 18450, Korea  
Tel: +82-31-8086-2928, Fax: +82-31-8086-2482, Email: mdqueen@hallym.or.kr  
Received: September 25, 2023 Revised: November 17, 2023 Accepted: December 6, 2023

© 2024 The Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease  
The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology  
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 서론

알레르기 면역요법(allergen immunotherapy, 이하 면역요법)은 알레르기 환자에게 원인 알레르겐을 소량부터 점진적으로 증량 투여하여, 알레르겐에 대한 내성을 유발하여 알레르기 증상을 경감 혹은 소실시키고자 하는 치료방법이다.<sup>1</sup> 1911년 Noon과 Freeman이 꽃가루에 의한 알레르기비염 환자에게 처음으로 시도한 이래 현재까지 100년 이상 알레르기질환의 치료에 이용되고 있으며, 알레르기질환을 관해시킬 수 있는 유일한 치료법이다.<sup>2,3</sup>

천식과 알레르기비염, 벌독 알레르기에서 그 효과가 검증되었으며, 최근에는 아토피피부염, 식품알레르기까지 그 영역을 확대하고 있다.<sup>1</sup> 전통적인 투여 방식인 피하면역요법(subcutaneous immunotherapy, SCIT)뿐만 아니라 더 안전하고 간편한 설하면역요법(sublingual immunotherapy, SLIT)이 최근 30년간 널리 이용되고 있으며, 이외에도 경구면역요법(oral immunotherapy, OIT), 림프절 내면역요법(intralymphatic immunotherapy, ILIT), 경피면역요법(epicutaneous immunotherapy, EPIT) 등 다양한 투여 방식의 면역요법이 개발되고 있다.

대한천식알레르기학회의 면역요법 및 알레르겐 연구팀은 2010년 알레르기 면역요법 전문가 의견을 통해 면역요법의 원칙과 방법에 대해 발표한 바 있다.<sup>4</sup> 이는 지금까지도 면역요법을 시행하고자 하는 많은 의료인들에게 도움을 주고 있다. 그러나, 전문가 의견서가 발표된 이후로 변화된 의료환경을 반영한 면역요법 가이드라인 업데이트에 대한 요구가 증가하였다. 이에 이 연구팀은 최근까지 알레르기 면역요법에 관한 연구 결과들을 심도 있게 검토하고 우리나라의 자료와 현실을 반영하여 면역요법의 기전, 임상효과, 적응증과 방법, 부작용 등 관련내용을 업데이트하고자 하였다. 각 단원의 서두에 요약문을 두었으며, 각각의 문장에 대해서 근거 수준을 표기하였다(Table 1).<sup>5</sup>

### 면역요법의 기전

#### 요약

1. 면역요법은 알레르겐 특이 면역반응의 상대적 감소로 정의되는 면역학적 관용과 관련되어 있고 CD4+CD25+ 조절 T세포와 조절 B세포의 발달에 의한다. (High)
2. 성공적인 면역요법은 CD4+ Th1 세포의 활성화와 관련되어 있다. (High)

면역요법의 기전은 매우 복잡하고 명확하게 밝혀지지 않았기 때문에, 면역요법의 정확한 기전이나 임상 효과를 설명하는 연구들이 끊임없이 진행되고 있다. 면역요법은 비만세포와 호염기구에서 분비되는 히스타민을 줄여주고, interleukin (IL)-4, IL-5, IL-13, IL-9와

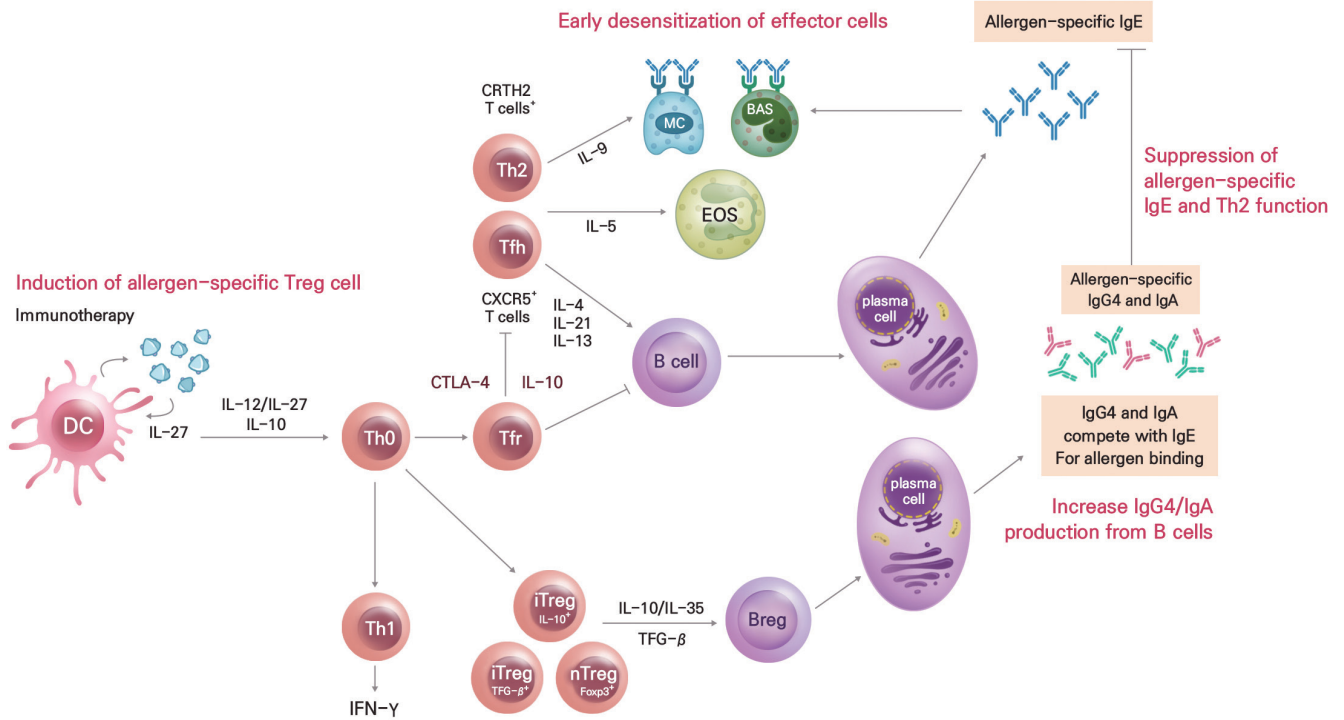
**Table 1.** The GRADE quality of evidence system<sup>5</sup>

| 근거 수준    | 정의   |
|----------|--|
| High     | 근거에는 편견, 간접성, 부정확성, 불일치 또는 출판 편견의 위험 없이 잘 설계되고 잘 수행된 randomized controlled trial (RCT) 또는 RCT의 메타 분석이 포함된다. 대안적으로, 증거는 매우 큰 효과 또는 다음 중 적어도 두 가지를 가진 잘 설계되고 잘 수행된 관찰 연구를 포함할 수 있다: 큰 효과, 용량-반응 구배 및/또는 역교란. |
| Moderate | 근거에는 편견, 간접성, 부정확성, 불일치 또는 출판 편향의 심각한 위험으로 인해 등급이 하향 조정된 RCT 또는 RCT의 메타 분석이 포함된다. 또는 큰 효과, 용량-반응 구배 또는 역교란으로 인해 업그레이드 된 잘 설계되고 잘 수행된 관찰 연구를 증거에 포함할 수 있다.  |
| Low      | 근거에는 편견, 간접성, 부정확성, 불일치 및/또는 출판 편향의 매우 심각한 위험으로 인해 두 수준으로 하향 조정된 잘 설계된 관찰 연구 또는 RCT 또는 RCT의 메타 분석이 포함된다.   |
| Very low | 근거는 증례 보고, 증례 시리즈 또는 비체계적인 임상관찰(예: 임상 경험 또는 전문가 의견)로 구성된다.   |

GRADE, Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation.

같은 대표적인 제2형 염증매개체 감소와 호산구 수의 증식 억제 및 염증조직 내 호산구 수 감소를 가져온다.<sup>6</sup> 면역요법은 궁극적으로 Th2 면역반응에서 Th1 면역반응으로 균형을 맞추어 가는 것으로 면역요법의 주요 기전은 CD4+CD25+ 조절 T세포와 조절 B세포, IgG4 농도의 증가를 통한 면역관용의 유도이며,<sup>7,9</sup> 장기간 면역요법을 시행하면 조기반응뿐 아니라 후기반응도 억제된다(Fig. 1).<sup>10</sup>

저용량이 아닌 고용량의 알레르겐에 노출되면, 조절 수지상세포가 증가하고, 수지상세포는 IL-12, IL-27, IL-10을 분비하며 CD86의 발현을 감소시킨다.<sup>11</sup> 분비된 IL-12와 IL-27에 의하여 조절 T세포가 증가하고, IL-10은 말초 T세포, 단핵구, 대식세포를 억제한다.<sup>12</sup> IL-10은 Th2 세포로부터 IL-5의 생성을 억제하고, 호산구의 수와 기능을 억제하며, 비만세포의 수를 줄이고 탈과립을 예방한다.<sup>13</sup> 조절 T세포는 IL-10과 IL-35, transforming growth factor (TGF)-β와 같은 사이토카인을 분비한다.<sup>12</sup> IL-10, TGF-β는 FOXP3 유도를 통하여 CD4+CD25- T세포를 CD4+CD25+ T세포로 전환한다.<sup>10</sup> 또한 IL-10과 IL-35는 조절 B세포를 유도하는데 조절 B세포는 알레르겐 특이 IgE (allergen-specific IgE, sIgE) 생성을 억제하고 알레르겐 특이 IgG, IgG4, IgA (allergen-specific IgG/gG4/IgA, sIgG/sIgG4/sIgA)를 유도한다.<sup>6,14</sup> 이 중 특히 sIgG4는 알레르기 sIgE와 같은 항원결정기(epitope)를 갖기 때문에, 알레르겐이 IgE와 결합하는 과정을 경쟁적으로 방해하는 차단항체로, 결국 비만세포와 호염기구의 활성을 억제한다.<sup>10</sup> 이러한 sIgG4의 증가는 투여된 알레르겐의 용량과 연관성이 있고, 알레르겐에 대한 면역반응을 조절할 수 있으나, 면역요법의 효능과의 연관성에 대해서는 논란이 있다. 이는 연구마다 sIgG4와 임상효과 간의 연관성이 일관되지 않아 결론을 내릴 수 없기 때문이다.<sup>15,16</sup> sIgG4는 보통 면역요법으로 10-100배 정도 증가하는데, 이러한 sIgG4의 양적인 증가와 더불어 sIgE를 방해하는 차단항체로서의 활성도가 함께 중요할 것이라고



**Fig. 1.** Mechanisms of allergen immunotherapy. BAS, basophil; Breg, regulatory B; DC, dendritic cell; EOS, eosinophil; Foxp3, Forkhead box P3; IFN, interferon; Ig, immunoglobulin; IL, interleukin; iTreg, inducible regulatory T; MC, mast cell; nTreg, natural regulatory T; Tfh, follicular helper T; Tfr, follicular regulatory T; CRTH2, chemoattractant receptor-homologous molecule expressed on Th2 cells; CXCR5, C-X-C motif chemokine receptor 5; CTLA4, cytotoxic T-lymphocyte-associated protein 4; TFG, transforming growth factor; Th, T helper.

추측된다.<sup>17</sup>

최근에는 면역요법이 type 2 innate lymphoid cells (ILC2s)를 조절하는 기전들이 밝혀지고 있다.<sup>18</sup> 면역요법은 IL-10를 생산할 수 있는 ILC2s를 유도할 수 있고, 이렇게 유도된 IL-10+ ILC2s의 증가는 임상 증상의 호전과 관련성이 높았다.<sup>19</sup> 또한 면역요법 과정 중 훈련된 면역반응으로 혈액 내 CD25 발현을 갖는 type 1 ILCs가 증가한다. 이러한 증거들은 면역요법에서 ILCs가 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다.<sup>19</sup>

면역요법은 알레르겐 투여 경로에 따라 SCIT, SLIT, OIT, ILIT, EPIT 등으로 나눌 수 있다. 상대적으로 SCIT과 관련된 연구가 많지만, 투여 경로에 따른 기전의 차이가 크지 않을 것으로 예상하고 있다.<sup>20</sup> sIgG4 차단항체 생산이 SCIT이 6-10주 정도 소요되는 것에 반하여 SLIT에서는 24주 정도 소요되어 다소 길었으며, IgG+ 기억 B세포는 치료 후 1-3년까지 유지되었다.<sup>21,22</sup>

### 면역요법의 임상 효과

#### 요약

1. 면역요법은 벌독 알레르기의 치료에 효과적이다. (High)
2. 면역요법은 알레르기비염의 치료에 효과적이다. (High)

3. 면역요법은 알레르기천식의 치료에 효과적이다. (Moderate)
4. 구강알레르기증후군에서 면역요법의 효과에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. (Low)
5. 집먼지진드기에 감작된 아토피피부염 환자에서 집먼지진드기 면역요법은 효과적이다. (Moderate)

#### 1) 벌독 알레르기

벌독을 이용한 SCIT은 벌독에 의한 아나필락시스 병력이 있는 환자에서 효과적이다.<sup>23</sup> 벌독 면역요법은 벌독으로 인한 전신반응의 위험을 최대 98% 감소시킨다. 따라서 벌에 쏘였을 때 전신반응이 있고, 벌독에 대한 sIgE의 증가가 있는 환자는 SCIT을 권고한다.<sup>24</sup> 벌독 SCIT의 목표는 첫째로 생명을 위협하는 반응을 예방하는 것이며, 둘째로 곤충에 쏘인 것과 관련된 불안을 완화시켜서 삶의 질을 향상시키는 것이다.<sup>25</sup>

#### 2) 알레르기비염

최근의 체계적인 문헌고찰은 SCIT과 SLIT이 알레르기비염 환자에서 비강 및 눈 증상을 개선하고 약물의 사용량을 줄임으로써 실질적인 임상 효과가 있음을 확인하였다.<sup>26,27</sup> Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 지침에서 면역요법은 소아와 성인

모두 약물 치료에 잘 반응하지 않는 중등도 또는 중증의 간헐적이거나 지속되는 알레르기비염의 치료에 사용하도록 권고한다.<sup>28</sup> 면역요법은 꽃가루와 집먼지진드기, 동물털, 곰팡이 등에 의한 알레르기비염의 치료에 효과적임이 증명되었다.<sup>29-32</sup> 면역요법은 알레르기비염 환자의 삶의 질을 향상시키고, 향후 천식으로 진행되는 것을 예방하며 새로운 알레르겐의 감작을 줄이는 효과가 있다. 3년 이상 충분한 기간 치료를 유지하면 면역요법 중단 후에도 임상 효과가 장기간 지속된다.<sup>1,33</sup>

### 3) 알레르기천식

면역요법은 알레르기천식에서 천식 증상과 약물 사용, 알레르겐 특이 기도과민성을 호전시킨다.<sup>34</sup> SCIT과 SLIT 모두 알레르기천식에서 천식 증상과 약물 사용을 줄이는데 중등도 이상의 근거가 확인되었으며,<sup>35,36</sup> 천식을 조절하는 데 필요한 흡입 코르티코스테로이드의 용량을 줄이는 효과가 있어 코르티코스테로이드의 잠재적 부작용을 줄일 수 있다.<sup>37,38</sup> 소아 천식에서도 SCIT과 SLIT 모두 천식 증상을 감소시키고, 약물 사용량을 줄임으로 임상 효과를 얻을 수 있다.<sup>39,40</sup>

### 4) 구강알레르기증후군

사과에 증상이 있는 구강알레르기증후군 환자에서 자작나무 꽃가루에 대한 SCIT 및 SLIT을 시행하였을 때, 사과에 대한 구강알레르기증후군 증상은 의미 있게 호전되지 않았다.<sup>41-43</sup> 하지만 최근에 시행된 무작위임상시험에서 구강알레르기증후군 환자에게 자작나무 SLIT을 시행하였을 때, Mal d1 특이 IgG4가 증가하고 구강알레르기 증상이 의미 있게 개선되었음을 보고하여, 일부 환자에서 자작나무 꽃가루 면역요법이 구강알레르기증후군의 증상 개선에 도움이 될 수 있음을 보였다.<sup>44-48</sup> 구강알레르기증후군에서 면역요법의 효과에 대해서는 향후 추가적인 연구가 필요하다.

### 5) 아토피피부염

집먼지진드기에 감작된 아토피피부염 환자를 대상으로 시행한 연구에서 SCIT은 SCORAD 점수와 약물 사용량을 의미 있게 감소시켰으며,<sup>49,50</sup> 1,957명의 성인과 소아 환자를 대상으로 한 메타분석 결과에 따르면 집먼지진드기에 대한 SCIT 또는 SLIT은 아토피피부염의 SCORAD 점수 호전 (odds ratio [OR], 1.53; 95% confidential interval [CI], 1.31-1.78)과 삶의 질 개선(OR, 1.44; 95% CI, 1.03-2.01)에 유의한 효과를 보였다.<sup>51</sup> 또한 면역요법과 위약을 비교한 8건의 무작위 시험에 대한 메타분석에 따르면 면역요법은 흡입알레르겐에 감작된 아토피피부염 치료에 효과가 있다는 것이 입증되었다(OR, 5.35; 95% CI, 1.61-17.77).<sup>52</sup> 하지만 분석에 포함된 연구들 간에 항원의 종류와 용량, 치료 기간, 환자의 연령 및 질병 중증도 등에 상당한 이질성이 있어 아토피피부염의 치료효과에 대해서

는 해석에 주의가 필요하다.

### 6) 식품알레르기

구강알레르기증후군을 제외한 식품알레르기에서 SCIT과 SLIT에 대한 근거는 없다. 22건의 OIT 임상시험에 대한 메타분석 연구에서 982명의 피험자를 대상으로 우유, 계란, 땅콩으로 면역요법을 시행하였을 때, 치료 효과에 상당한 이득이 있는 것으로 나타났다 (relative risk [RR], 0.14; 95% CI, 0.08-0.24).<sup>53</sup> 하지만 OIT 중단 후 효과에 대해서는 계란과 우유를 대상으로 한 4건의 연구만으로 메타분석이 진행되었고, OIT의 장기적인 이득은 확인되지 않았다 (RR, 0.29; 95% CI, 0.08-1.13). 결론적으로 OIT는 면역요법 시행 중 임상 반응을 유발하는 역치를 증가시키므로, 4-5세의 지속적인 우유, 계란, 땅콩알레르기를 가진 소아에게 권장할 수 있다.<sup>54</sup>

## 대상 환자 선정

### 요약

1. 면역요법은 임상적으로 연관성 있는 알레르겐에 대한 IgE 감작이 되어 있는 천식 혹은 알레르기결막염을 동반하거나 동반하지 않은 알레르기비염 환자에서 적절한 약물 치료에도 불구하고 일상생활 및 수면에 영향을 주는 중등도-중증의 증상을 동반한 환자에서 시행할 수 있다. (High)
2. 잘 조절되지 않는 천식 환자에서 알레르기 면역요법은 금기이다. (Low)
3. 벌독 면역요법은 곤충에 쏘인 후 전신반응을 보인 환자에서 곤충독에 대한 sIgE가 확인된 경우 시행한다. (High)
4. 면역요법의 적응증에 특정 상한 혹은 하한 연령 제한은 없으나, 면역요법에 협조적이며 순응할 수 있는 환자에서 고려하여야 하며, 노력에서는 기저질환에 의해서 면역요법의 부작용이 증가할 위험성과 더불어 비용 효과 측면을 고려해야 한다. (Very low)

면역요법의 적응증과 금기는 Table 2에 요약하였다. 면역요법은 알레르기비염 혹은 알레르기결막염을 강하게 시사하는 증상이 있는 경우에 시행하여야 한다.<sup>55-57</sup> 또한, 알레르기천식 환자에서 약물 치료에도 불구하고 원인 알레르겐에 노출될 때 빈번하게 증상이 발생하는 경우에도 시행할 수 있다.<sup>58</sup> 증상을 유발하는 원인 알레르겐을 확인하는 것은 면역요법을 처방하는데 필수적이다. 따라서 알레르겐 sIgE 감작에 대한 증거(피부반응시험 또는 혈청 sIgE가 양성)가 있으면서 특정 알레르겐에 노출될 때 증상이 있어야 한다.<sup>56</sup> 성분항원 검사(component resolved diagnostics)가 원인 알레르겐을 정하는데 도움을 줄 수 있지만 이에 대한 근거는 충분하지 않다. 또한 비강 혹은 결막유발시험을 이용하여 표적 기관에서 알

**Table 2.** Indications and contraindications of allergen immunotherapy

| 적응증  |
|--|
| <p>1. 알레르기비염</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ 알레르기피부시험이나 혈청 특이 IgE 검사를 통해 흡입 알레르겐에 대한 감작이 확인되고 해당 항원 노출 시 알레르기비염 증상이 발생하는 환자에서 다음 중 한 가지 이상을 만족해야 한다.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 알레르겐 회피나 약물 치료에 대한 효과가 만족스럽지 않은 경우</li> <li>(2) 건지기 힘든 약물 부작용이 있는 경우</li> <li>(3) 약물의 장기적인 투여를 원하지 않을 때</li> <li>(4) 비염 환자가 천식 발생이나 새로운 알레르겐 감작에 대한 예방을 원할 때</li> </ul> </li> </ul> |
| <p>2. 천식</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ 알레르기 피부검사나 혈청 특이 IgE 검사를 통해 흡입 알레르겐에 대한 감작이 확인되고 해당 항원 노출 시 천식 증상이 발생하는 환자에서 다음 중 한 가지 이상을 만족해야 한다.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 알레르겐 회피나 약물 치료 중에도 치료 반응이 만족스럽지 않은 경우</li> <li>(2) 건지기 힘든 약물 부작용이 있는 경우</li> <li>(3) 약물의 장기적인 투여를 원하지 않을 때*</li> </ul> </li> </ul>  |
| <p>3. 벌독 알레르기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ 벌목류(꿀벌과, 말벌과, 개미과)에 쏘였을 때 아나필락시스에 합당한 전신 과민반응(특히 혈압 저하 혹은 호흡곤란/천명)이 발생하였으며 알레르기피부시험이나 혈청 특이 IgE 검사를 통해 해당 알레르겐에 대한 감작이 확인된 소아와 성인</li> <li>√ 벌목류(꿀벌과, 말벌과, 개미과)에 쏘였을 때 아나필락시스가 아닌 전신 피부반응이 발생하였으며 알레르기피부시험이나 혈청 특이 IgE 검사를 통해 해당 알레르겐에 대한 감작이 확인된 16세 이상 청소년과 성인(16세 미만 청소년이나 소아에서 피부 증상만 있는 경우 대개 면역요법이 필요하지 않음)</li> </ul>                              |
| 금기증  |
| <p>1. 절대적 금기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ 조절되지 않는 천식 혹은 중증 천식</li> <li>√ 약성 중양이나, 치료에 반응하지 않는 활동성 자가면역질환 등을 포함한 중증 질환</li> <li>√ 임신부에서 새로 시작하는 면역요법<sup>†</sup></li> <li>√ 호산구성 식도염<sup>‡</sup></li> </ul>   |
| <p>2. 상대적 금기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ 부분적으로 조절되는 천식</li> <li>√ 베타차단제 혹은 안지오텐신 전환효소 억제제를 복용 중인 환자</li> <li>√ 심각한 심혈관계 질환(예, 관상동맥질환, 심한 부정맥, 조절되지 않는 고혈압)</li> <li>√ 관해 상태의 전신 자가면역질환 혹은 특정 장기에 국한된 면역질환</li> <li>√ 심각한 정신적 장애 혹은 질환</li> <li>√ 선천적 혹은 후천적 면역결핍증</li> <li>√ 면역요법에 대한 전신 과민반응의 병력</li> <li>√ 5세 미만의 소아</li> <li>√ 낮은 순응도</li> </ul>   |

\*흡입 스테로이드나 류코트리엔 수용체 길항제와 같은 천식조절제를 규칙적으로 투여하는 환자에서는 천식이 잘 조절되더라도 약제를 중단하지 않고 유지할 것을 권장하며 환자가 규칙적인 약물 투여를 강력히 원치 않거나 약물 순응도가 떨어지는 경우에는 천식 증상이 발생할 때만이라도 흡입용 스테로이드와 함께 속효성 혹은 지속성 베타2항진제를 흡입할 것을 차선책으로 추천한다. <sup>†</sup>임신부에서 면역요법을 새로 시작할 수는 없으나 임신 전부터 치료를 받은 경우에는 유지한다. <sup>‡</sup>Sublingual immunotherapy에 국한한다.

레르기 감작의 임상적 연관성을 확인해 볼 수 있으나 의료 현장에서 보편적으로 적용하기에는 현실적인 제한이 많으며, 그 유용성과 진단 기준이 아직 명확하지 않다.<sup>33</sup>

면역요법은 약물치료에도 불구하고 일상 생활이나 수면에 영향을 미치는 중등도-중증 증상을 가진 알레르기비염 환자가 대상이 되는데, 이는 ARIA 분류로는 중등도-중증 간헐적 혹은 지속적 알레르기비염에 속한다.<sup>28</sup> 또한, 면역요법은 비염의 장기간의 치료 효과를 적극적으로 바라거나 약물치료로 잘 조절되지 않는 경우, 약물치료에 대한 부작용 등의 이유로 장기적인 치료가 어려운 경우, 환자가 장기간의 약물치료를 줄이기를 원하는 경우, 그리고 알레

르기비염이 있는 소아에서 천식 발생과 새로운 항원에 대한 감작을 예방하기 위한 잠재적인 질병 조절 효과를 기대하고자 할 때 고려될 수 있다.<sup>59</sup> 면역요법 제품은 알레르기비염에 대한 치료효과가 임상시험을 통해 증명된 것을 사용해야 한다.<sup>60,61</sup> 집먼지진드기, 반려동물과 같은 실내 알레르겐에 의해 증상이 유발되는 경우에는 면역요법 시행 전에 HEPA 필터가 장착된 공기청정기, 비투과성 침구, 청소와 같은 회피요법을 고려할 수 있다. 그러나 회피요법이 알레르겐의 실내 농도를 낮출 수 있지만 증상 완화의 효과는 제한적이다.<sup>62-69</sup>

벌독 면역요법은 곤충에 쏘였을 때 아나필락시스를 경험했고, 벌

독에 대해 sIgE를 가진 모든 연령대의 개인에게 적용된다. 벌독 피부반응검사는 아나필락시스 반응을 경험한 환자의 65%에서 양성으로 매우 유용한 것으로 알려져 있지만 현재 한국에서는 시약이 공급되지 않아 시행하지 않고 있으며, ImmunoCAP (Pharmacia Diagnostics AB, Uppsala, Sweden) 검사로 원인 벌을 규명하고 있다. ImmunoCAP 검사를 보면 벌독 아나필락시스에서 꿀벌과 말벌독에 모두 양성인 경우를 종종 볼 수 있으며, 이는 말벌과 꿀벌독 간의 교차항원성에 기인하는 경우가 많다. 원인 벌을 규명하는데 있어서 성분항원 검사가 도움이 될 수 있다. 꿀벌독의 경우에는 Api m 1이, 말벌독에는 Ves v 5가 꿀벌과 말벌에 교차 반응이 없이 특이적어서 원인 벌을 찾는 데 유용하게 사용된다.<sup>70</sup> 곤충에 쓰였을 때 피부에만 국소 반응이 있었던 경우에는 일반적으로 벌독 면역요법이 권장되지 않지만, 면역요법이 국소 반응의 크기와 증상이 나타나는 기간을 감소시킨다는 보고가 있다. 따라서 노출을 피하기 어렵고, 심한 국소 피부반응이 나타난 16세 이상 청소년과 성인에서는 혈청 sIgE를 확인한 후 벌독 면역요법을 시행할 수도 있다. 16세 미만에서는 피부 국소반응만 있는 경우 면역요법은 권장되지 않는다. 벌독 면역요법은 심각한 아나필락시스 반응을 경험할 가능성에 대한 우려를 줄이고 환자가 야외에서 일상 생활을 할 수 있도록 함으로써 환자의 삶의 질을 향상시키는 데에 목적이 있다.<sup>25</sup> 하지만, 현재 우리나라에서는 벌독 면역요법 제품이 식약처의 판매승인을 받지 못하였고, 수급이 불안정하여 본 지침서 작성 중인 현 시점에서는 현장에서 시행하는 데에 어려움이 있다. 조만간 이러한 문제점이 해결되어 우리나라 벌독 아나필락시스 환자에서 면역요법이 시행될 수 있기를 기대한다.

의사는 면역요법의 위험이 예상되는 이득보다 클 수 있는 절대적 또는 상대적 금기 사항에 대해서도 고려하여야 한다(Table 2).<sup>59</sup> 약물치료로 조절되지 않는 중증 천식 환자는 면역요법에 의한 아나필락시스가 발생하였을 때 사망할 위험도가 높으므로 절대적 금기사항에 해당한다. 면역요법을 시작하기 위한 특정 상한 혹은 하한 연령 제한은 없으나, 6세 미만의 소아 혹은 고령자에서는 특별한 주의가 필요하다. 특히 5세 미만의 어린이는 SCIT 시 주사에 협조하기 어려울 수 있어서 상대적 금기 사항이 되며, 5세 이상 소아에서 주사에 대한 거부감이 없는 경우 SCIT이 가능하다.<sup>58</sup> 반면에 SLIT의 경우 3세 이상의 알레르기비염 환자를 대상으로 효과와 안전성에 관한 몇몇 연구가 있으나 대규모 환자를 대상으로 한 연구는 5세 이상에서 시행되었다.<sup>26,71,72</sup> 한편 고령자의 경우 면역요법과 관련된 부작용 발생에 따른 위험이 증가할 수 있는 동반 질환이 있는 경우가 많다. 임신부, 약성종양 또는 면역 결핍, 자가면역질환 환자에서도 특별한 고려가 필요하다. 일반적으로 임신부에서 면역요법을 새로 시작할 수는 없으나 임신 전부터 치료를 받은 경우에는 계속 유지할 수 있다.<sup>73,74</sup> 일부에서는 자가면역질환, 면역결핍증후군, 또는 약성 질환의 환자에서 면역 체계에 부정적인 영향을 줄 가능성에

대하여 우려하지만, 알레르기 면역요법이 실제로 해롭다는 설득력 있는 증거 역시 없다.<sup>73</sup> 각 제품에 대한 특정 금기 사항에 대해서는 제품특성요약서를 검토한다.

### 알레르겐의 표준화 및 한국에서 중요한 알레르겐

| 요약   |
|--|
| 1. 면역요법은 용량 의존적 효과를 보이며, 주요 성분항원이 알려져 있는 경우에는 유지요법에 포함된 주요 성분항원 함량이 면역요법의 치료 효과를 예측하는데 도움을 줄 수 있다. (High)                |
| 2. 면역요법의 임상적 효능이 명확하게 입증된 알레르겐의 종류는 꽃가루, 집먼지진드기, 벌독, 반려동물, 바퀴, 곰팡이 ( <i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> )이다. (High) |
| 3. 교차반응을 일으키는 꽃가루 알레르겐 중에서 같은 속(genus)이나 아과(subfamily)에 속하는 꽃가루 중 한 가지를 선택하여 면역요법을 시행할 수 있다. (Moderate)                  |
| 4. 임상적으로 의미를 가지는 한 가지 혹은 가능한 소수의 알레르겐으로 면역요법을 시행한다. (Very low)   |
| 5. 한국에서는 집먼지진드기, 꽃가루(자작나무, 참나무, 송, 돼지풀, 잔디), 반려동물(개, 고양이) 등이 면역요법에 포함될 수 있는 주요한 알레르겐이다. (Very low)                       |

#### 1) 알레르겐 표준화

면역요법을 시행하는데 가장 큰 문제점은 면역요법 시에 사용되는 알레르겐 추출물이 제조회사마다 각각 다른 방법으로 알레르겐 함량과 역가를 표시한다는 데 있다.

우리나라에서 처방 가능한 SCIT용 알레르겐 제품을 집먼지진드기(*Dermatophagoides farinae*와 *Dermatophagoides pteronysinus* 각각 50:50 혼합물) 추출물 기준으로 비교할 경우, 미국의 Hollister-Stier 사(St, Spokane, WA, USA)는 미국식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA)에서 표준화된 알레르겐을 통해 제정한 역가 단위인 AU/mL (allergy unit/mL)로 표시하고 있으나 독일 Allergopharma 사(Reinbek, Germany)는 자체적으로 사용하는 생물학적 역가 표시 단위인 TU/mL (therapeutic unit/mL)로 표기하고 있으며, 영국 Allergy Therapeutics 사(Worthing, UK)는 정확한 알레르겐의 단백질 전체 농도나 알레르기 항원성 역가를 표시하지 않고 있다. 더욱이 독일 Allergopharma 사와 영국 Allergy Therapeutics 사는 면역관용을 유도하는 면역원성(immunogenicity)을 유지하면서 급성 과민반응을 일으키는 항원성을 낮추기 위해 알레르겐에 포름알데하이드나 글루트알데하이드를 결합시켜 단백질 변성을 유도한다. 그러나 이러한 allergoid 제품은 한 연구에서 면역원성과 항원성이 모두 낮은 것으로 보고되었으며,<sup>75</sup>

단백질 변성으로 인해 다른 제품과의 항원성을 비교하기가 어렵다. 또한 동일한 역가의 알레르겐이 포함되어 있어도, 함께 사용되는 면역보강제(수산화알루미늄, 타이로신 등)의 종류에 따라서 실제 치료효과가 달라질 수도 있다. 한편 국내에서 시행된 상기 3종의 집먼지진드기 면역요법 시약의 알레르겐 역가를 비교한 연구에서 Hollister-Stier 사, Allergopharma 사, Allergy Therapeutics 사 시약의 순으로, 집먼지진드기 알레르겐의 단백질 농도와 알레르기 항원성 역가가 분포한다고 보고되었다.<sup>76</sup> 면역요법 시 투여된 알레르겐 용량과 면역요법의 임상 효과가 정비례한다는 원칙에 따르면 알레르겐 역가가 높은 시약을 선택하는 것이 더 좋은 임상효과를 나타낼 것으로 추측할 수 있다. 하지만 회사마다 알레르겐 추출 과정에서 사용하는 원재료가 차이가 있어, 예를 들면 집먼지진드기 충체만을 이용한 경우와 집먼지진드기 충체와 배설물을 동시에 추출한 경우로, 어떤 시약이 우수한지를 단적으로 판단하기 어려운 실정이다.<sup>77</sup> 이에 대한 대안으로 알레르겐에 포함되어 있는 주요 성분항원이 알려져 있는 경우에는 그 성분항원의 함량이 면역요법의 치료 효과를 예측하는데 도움을 줄 수 있다(Table 3).<sup>31,41,77-95</sup> 그러나 우리나라에서 처방 가능한 면역요법 제품들 중에는 알레르겐이나 주요 성분항원의 함량이 표기되어 있지 않거나 주요 성분항원이 정립되어 있지 않은 알레르겐도 있으므로, 해당 알레르겐과 주요 성분항원에 대한 양질의 임상시험이 수행되었는지 확인해 보고 각 의사들이 개별적으로 판단하여 항원을 선택하여야 할 것이다.

2) 알레르겐 선정 시 고려할 사항

최근까지 이중맹검위약대조연구를 통하여 면역요법의 효능이 명확하게 입증된 알레르겐으로는 다양한 종류의 꽃가루(자작나무, 돼지풀, 잔디), 집먼지진드기, 벌독, 반려동물, 바퀴, 곰팡이(*Alternaria*, *Cladosporium*)가 있다. 이들 면역요법의 효과는 잔디 꽃가루 혼합물을 제외하고는 대부분 단일 종류의 알레르겐을 이용하여 면역요법을 시행한 경우였다.<sup>24,33,96,97</sup> 면역요법에서 기대하는 효과를 얻기 위해서는 올바른 알레르겐 선정이 매우 중요하다. 이를 위해 피부단자시험이나 혈청 sIgE 검사를 통해 원인 알레르겐을 확인할 수 있다. 혈청 sIgE 검사에는 수십 여종의 항원에 대해 반정량적인 IgE 농도를 제시하는 multiplex (multiple allergen simultaneous 등) 검사가 있으며, 하나의 항원에 대해 정량적인 IgE 농도를 제시하는 singleplex (ImmunoCAP, Immulite) 검사가 있다. 또한 다중감작, 교차반응, 다중알레르기를 감별하기 위해 성분항원에 대한 검사를 시행해 볼 수도 있다. 이를 테면 피부단자시험에서 나무, 잔디, 잡초 꽃가루 모두에 양성반응을 보인다면, 이는 panallergen에 의한 교차반응으로 다중감작일 가능성이 있다. 이러한 경우 자작나무 꽃가루의 주요 성분항원인 Bet v 1, 큰조아재비의 Phl p 1, 썩의 Art v 1, 돼지풀의 Amb a 1 등의 성분항원이 양성인 경우에는 다중알레르기로 판단할 수 있다.<sup>98</sup> 그러나 피부단자시험이나 혈청 sIgE 검사에서 양성이라 하더라도 증상이 없는 경우도 있으므로 면역요법을 위한 원인 알레르겐을 찾기 위해 다음과 같은 3가지 조건

**Table 3.** Effective maintenance dose of major component allergen for allergen immunotherapy

| Allergen                | Study                               | Year | Major allergen          | Effective dose (µg) | Suboptimal dose (µg) |
|-------------------------|-------------------------------------|------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| <i>Dermatophagoides</i> | Ewan et al. <sup>78</sup>           | 1988 | Der p 1                 | 11.9                |                      |
|                         | Haugaard et al. <sup>79</sup>       | 1993 |                         | 7.0                 | 0.7                  |
|                         | Olsen et al. <sup>80</sup>          | 1997 |                         | 7.0                 |                      |
| Short ragweed           | Van Metre et al. <sup>81</sup>      | 1980 | Amb a 1                 | 11.0                |                      |
|                         | Creticos et al. <sup>82</sup>       | 1985 |                         | 6.0                 |                      |
|                         | Creticos et al. <sup>83</sup>       | 1989 |                         | 12.4                | 0.6                  |
|                         | Furin et al. <sup>84</sup>          | 1991 |                         | 24.0                | 2.0                  |
| Grass                   | Varney et al. <sup>85</sup>         | 1991 | Phl p 5                 | 18.6                |                      |
|                         | Dolz et al. <sup>86</sup>           | 1996 | Dac q 5+Lol p 5+Phl p 5 | 15.0                |                      |
|                         | Walker et al. <sup>87</sup>         | 2001 | Phl p 5                 | 20.0                |                      |
|                         | Frew et al. <sup>77</sup>           | 2006 | Phl p 5                 | 20.0                | 2.0                  |
| Birch                   | Bodtger et al. <sup>88</sup>        | 2002 | Bet v 1                 | 12.0                |                      |
|                         | Khinchi et al. <sup>41</sup>        | 2004 |                         | 3.3                 |                      |
| Cat dander              | Hedlin et al. <sup>89</sup>         | 1991 | Fel d 1                 | 17.3                |                      |
|                         | Alvarez-Cuesta et al. <sup>31</sup> | 1994 |                         | 11.3                |                      |
|                         | Varney et al. <sup>90</sup>         | 1997 |                         | 15.0                |                      |
|                         | Ewbank et al. <sup>91</sup>         | 2003 |                         | 15.0                | 3.0                  |
|                         | Nanda et al. <sup>92</sup>          | 2004 |                         | 15.0                | 3.0                  |
| Dog dander              | Lent et al. <sup>93</sup>           | 2006 | Can f 1                 | 15.0                | 3.0                  |
| Alternaria              | Horst et al. <sup>94</sup>          | 1990 | Alt a 1                 | 1.6                 |                      |
|                         | Kuna et al. <sup>95</sup>           | 2011 |                         | 8.0                 |                      |

이 충족되어야 한다.

- ① 알레르기 피부단자시험 또는 알레르겐에 대한 혈청 sIgE가 명확하게 확인되어야 한다.
- ② 감작된 알레르겐에 대해서 잦은 빈도로 실생활에서 노출되어야 한다.
- ③ 감작된 알레르겐에 노출 시 알레르기 증상이 발생되어야 한다.

알레르기 환자의 적게는 10%에서 많게는 90%에서 두 가지 이상의 알레르겐에 감작되어 있다고 보고되고 있으며, 치료를 요하는 알레르기 환자의 50%–80% 정도는 다중감작으로 확인되고 있다.<sup>99-103</sup> 국내 연구를 통해 다중감작은 나이가 들수록 증가하는 추세를 보이며 매년마다 단일감작에 비해 다중감작의 비중이 점점 증가되고 있었다.<sup>104,105</sup> 또한 국내 알레르기 전문의를 대상으로 시행한 연구에서 응답자의 87%가 두 가지 이상의 알레르겐으로 면역요법을 수행하고 있다고 보고한 바 있다.<sup>106</sup> 그러나 국외 연구의 사례를 통해 다중감작된 알레르겐의 50%에서 무증상 감작군이 존재한다고 보고된 바 있어, 다중감작의 검사 결과를 그대로 수용하기보다는 환자가 호소하는 증상과 원인 알레르겐과의 상관성을 판단하는 것이 필요하다. 한편 면역요법을 위한 알레르겐 선택에 있어 유럽에서는 단일 혹은 가능한 한 적은 수의 알레르겐을 선택하는 데 비해, 미국에서는 검사에서 양성반응을 보이는 알레르겐을 대부분 포함하는 경향이 있다. 이 두 방법 중 어느 것이 더 효과적인지는 논란이 있으며 현재까지는 알레르겐 선택 시 단일 종류 혹은 가능한 적은 수의 알레르겐을 포함하는 것이 일반적으로 권장된다.<sup>107,108</sup>

### 3) 한국에서 중요한 알레르겐

국내 환경에서 주요 흡입 알레르겐으로는, 집먼지진드기, 잡초 꽃가루(쑥, 돼지풀, 환삼덩굴), 나무 꽃가루(자작나무, 참나무 등), 잔디 꽃가루, 반려동물, 곰팡이 등이 있다.<sup>109,110</sup> 집먼지진드기는 면역요법 치료 시약으로 임상에서 가장 많이 사용되고 있으며 국내 연구에서 가장 많이 면역요법의 효과가 보고된 알레르겐이다.<sup>106</sup> 기후와 환경 변화에 따라 국내 알레르기질환의 증가와 함께 꽃가루에 감작된 환자도 증가하고 있어 알레르기질환의 원인으로 꽃가루는 여전히 중요하며, 국내에서 3-5월에 나무(자작나무, 참나무 등), 5-9월 잔디, 8-10월 잡초(쑥, 돼지풀, 환삼덩굴) 꽃가루가 주로 관찰된다.<sup>104</sup> 하지만 이러한 꽃가루 중에 현재 환삼덩굴 꽃가루에 대한 면역요법은 가능하지 않다. 이들 꽃가루 알레르겐을 선택할 때에는 계절에 따른 증상 변화와 함께 각각 교차반응을 고려하여 선택하는 것이 타당하다. 최근 반려동물을 키우는 가구가 증가하고, 국내 연구를 통해 반려동물에 노출된 성인의 20%–30% 내외에서 알레르기 증상이 있는 것으로 확인되어 반려동물에 의한 알레르기질환이 큰 문제로 대두되고 있으며 피부단자시험과 함께 혈청 sIgE 검

사를 동시에 시행할 때 반려동물 접촉 시 발생하는 알레르기 증상을 가장 잘 예측할 수 있는 것으로 보고되었다.<sup>111,112</sup> 곰팡이 알레르겐은 실내의 흡입 알레르겐 공급원으로 작용할 수 있고 알레르기 환자의 5%–20%에서 곰팡이에 감작되어 있는 것으로 보고되고 있으나 다른 흔한 실내의 알레르겐과 종종 동시에 양성 반응을 보이기 때문에 쉽게 간과될 수 있다.<sup>113</sup> 따라서 집먼지진드기와 꽃가루 알레르겐과 함께 개, 고양이, 실외 곰팡이(*Alternaria*, *Cladosporium*)도 면역요법에 포함될 수 있으나 외국과 달리 반려동물이나 곰팡이 알레르겐 면역요법의 임상효과에 대한 국내 연구는 드물다.

국내에서는 SCIT으로 영국 Allergy Therapeutics, 독일 Allergopharma 그리고 미국의 Hollister-Stier 사의 제품이 도입되어 있으며, 각 제품별로 주문 가능한 알레르겐의 종류에는 차이가 있다. 반면 SLIT으로는 이탈리아 Lofarma (Milano, Italy), 프랑스 Stallergenes Greer (Antony, France), 덴마크 ALK-Abelló (Hørsholm, Denmark) 제품이 도입되어 있으나 현재는 모두 집먼지진드기에 대한 면역요법만 가능하다(Table 4).

## 알레르겐의 선정, 처방, 조제

### 요약

1. 알레르겐 추출물 성분의 선정은 노출 병력과 증상 유발 정도, 피부단자시험 및 sIgE 검사 결과를 종합해서 결정해야 한다. (High)
2. 알레르겐 추출물은 임상적으로 연관된 알레르겐만 포함하여야 한다. 치료용량으로 투여할 유지 농축액에 첨가할 수 있는 항원의 개수는 제한적이다. (High)
3. 면역요법 유지농축액은 각 구성 성분에 대해 치료 효과가 있는 것으로 알려진 적정치료용량을 투여하도록 조제하며, 이를 유지용량으로 한다. 그러나 적정치료용량을 견딜 수 없는 경우, 임상적 효과를 경험할 수 있는 더 낮은 농도를 유지용량으로 한다. (High)

### 1) 알레르겐의 선정

알레르겐 추출물의 구성 성분을 선정하기 위해서는 신중한 병력 청취, 환경적 노출 인식, 꽃가루, 곰팡이, 반려동물, 집먼지진드기나 바퀴와 같이 알레르기질환을 유발하는 것으로 증명된 알레르겐에 대한 해당 지역의 공중생물학(aerobiology)에 대한 이해가 필요하다. 또한 대상 알레르겐에 대한 면역요법이 명확하게 증명된 약제를 처방하는 것을 추천한다. 지역의 공중생물학적 정보는 다양한 웹사이트를 통해 이용 가능하다. 우리나라의 경우 꽃가루에 대해서는 한국 꽃가루알레르기연구협회 꽃가루예보(<http://www.pollen.or.kr>) 등의 웹사이트에서 제한적이지만 이용할 수 있다. 임상적 관련성이 있는 알레르겐을 면역요법에서 누락시키는 것은 치료효과



**Table 4.** Available allergen extracts for allergen immunotherapy in Korea

| Method                          | Manufacturer                   | Product name                    |   | Allergens   |                      |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------------------|
| SCIT                            | Allergy Therapeutics           | Tyrosine S                      | HDMs  | <i>Dermatophagoides farinae</i> (북아메리카 집먼지진드기)                                  |                      |
|                                 |                                |                                 |   | <i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (유럽 집먼지진드기)                               |                      |
|                                 |                                |                                 | Tree pollen   | Alder pollen (오리나무)   |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Ash pollen (물푸레나무)  |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Beech pollen (너도밤나무)  |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Birch pollen (자작나무)   |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Hazel pollen (개암나무)   |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Oak pollen (참나무)  |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Weed pollen   | Mugwort pollen (쑥)   |
|                                 |                                |                                 |   |   | Ragweed pollen (돼지풀) |
|                                 | Grass pollen                   | Grass mixed (잔디혼합)*             |   |   |                      |
|                                 | Mold                           | Alternaria (알터나리아)              |   |   |                      |
|                                 |                                | Cladosporium (클라도스포리움)          |   |   |                      |
|                                 | Animal epithelia               | Cat hair (고양이털)                 |   |   |                      |
|                                 |                                | Dog hair (개털)                   |   |   |                      |
|                                 |                                | Horse hair (말털)                 |   |   |                      |
|                                 | Allergopharma                  | NOVO-HELISEN Depot              | HDMs  | <i>Dermatophagoides farinae</i> (북아메리카 집먼지진드기) 50%+                             |                      |
|                                 |                                |                                 |   | <i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (유럽 집먼지진드기) 50%                           |                      |
|                                 |                                |                                 | Animal epithelia  | Cat fur (고양이털)  |                      |
|                                 |                                |                                 |   | Dog hair (개털)   |                      |
| Mold                            |                                |                                 | Alternaria (알터나리아)  |   |                      |
| ALLERGOVIT                      |                                | Tree pollen                     | Birch pollen (자작나무)   |   |                      |
|                                 |                                |                                 | Birch pollen (자작나무) 35%+Alder pollen (오리나무) 30%+Hazel pollen (개암나무) 35% |   |                      |
|                                 |                                |                                 | Grass, Weed pollen  | Grass mixed (잔디혼합) <sup>†</sup> 60%+Mugwort pollen (쑥) 20%+Rye pollen (호밀풀) 20% |                      |
| Hollister-Stier                 |                                | Grass, Tree pollen              | Grass mixed (잔디혼합) 60%+Birch pollen (자작나무) 20%+Rye pollen (호밀풀) 20%     |   |                      |
|                                 |                                |                                 | Grass pollen  | Grass mixed (잔디혼합) 60%+Rye pollen (호밀풀) 40%                                     |                      |
|                                 | HDMs                           |                                 | <i>Dermatophagoides farinae</i> (북아메리카 집먼지진드기)                          |   |                      |
|                                 |                                |                                 | <i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (유럽 집먼지진드기)                       |   |                      |
|                                 | Tree pollen                    |                                 | Alder pollen (오리나무)   |   |                      |
| Beech pollen (너도밤나무)            |                                |                                 |   |   |                      |
| Birch pollen (자작나무)             |                                |                                 |   |   |                      |
| Oak pollen (참나무)                |                                |                                 |   |   |                      |
| Tree mixed (수목 혼합) <sup>‡</sup> |                                |                                 |   |   |                      |
| Grass pollen                    |                                | Grass mixed (잔디혼합) <sup>§</sup> |   |   |                      |
| Weed pollen                     |                                | Ragweed pollen (돼지풀)            |   |   |                      |
|                                 |                                | Mugwort pollen (쑥)              |   |   |                      |
| Mold                            | Alternaria (알터나리아)             |                                 |   |   |                      |
| Animal epithelia                | Cat fur (고양이털)                 |                                 |   |   |                      |
|                                 | Dog hair, Dog dander (개털, 개비듬) |                                 |   |   |                      |
| Insect                          | Cockroach (바퀴벌레)               |                                 |   |   |                      |
| SLIT                            | Lofarma                        | Lais                            | HDMs  | <i>Dermatophagoides farinae</i> (북아메리카 집먼지진드기) 50%+                             |                      |
|                                 | Stallergenes Greer             | Staloral                        |   | <i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (유럽 집먼지진드기) 50%                           |                      |
|                                 |                                | Actair                          |   |   |                      |
|                                 | ALK-Abelló                     | Acarizax                        |   |   |                      |
|                                 | Zhejiang Wolwo Bio-Pharma      | Chanllergen                     |   | <i>Dermatophagoides farinae</i> (북아메리카 집먼지진드기) 100%                             |                      |

HDM, house dust mite; SCIT, subcutaneous immunotherapy; SLIT, sublingual immunotherapy.

\*Grass mixed included pollens of Bent, Brome, Cocksfoot, Dogstail, Oat grass, Fescue meadow, Foxtail meadow, Meadow grass, Rye grass, Timothy grass, Vernal, and Yorkshire fog. <sup>†</sup>Grass mixed included pollens of Kentucky bluegrass, Meadow fescue, Orchard grass, Rye grass, Timothy grass, and Velvet grass. <sup>‡</sup>Tree mixed included pollens of White Ash, River/Red Birch, Black Walnut, Common Cottonwood, American Elm, Shagbark Hickory, Hard Maple, Red Oak, American Sycamore, and Black Willow. <sup>§</sup>Grass mixed included pollens of Kentucky Bluegrass, Orchard grass, Redtop, and Timothy grass.

를 감소시킬 수 있다. 반면 임상적 관련성을 확인하지 않고 sIgE가 검출되는 알레르겐을 모두 포함시키는 것은 필수 알레르겐의 농도를 희석시켜 치료효과를 감소시킨다. 또한, 최근 한국인의 활동 환경이 전 세계로 확대되면서, 국내에 없지만 외국에서 중요한 흡입 알레르겐에 감작되는 경우가 있으며, 이러한 경우 그 환자의 여건에 따라서 면역요법을 계획하여야 한다.

2) 면역요법의 처방 및 조제

(1) 면역요법의 처방 및 조제: 면역요법 대상 알레르겐 선정 후 상세한 처방이 필요하다. 처방의사는 상세히 처방전을 작성하여야 하며, 면역요법 처방전 서식에는 환자의 정보, 처방한 사람 및 시약에 포함된 알레르겐 정보가 반드시 있어야 한다. 또한 대상 알레르겐에 대한 면역요법이 명확하게 증명된 약제를 처방하는 것을 추천한다.

(2) 초기 치료용량: 각 회사가 제공한 초기치료용 면역요법 시약을 매뉴얼에 따라서 단계적으로 증량한다. SCIT에서는 제품에 따라서 과민반응의 위험이 높은 환자를 위해 좀 더 희석된 초기치료용 면역요법 시약을 제공하기도 하고 피부시험을 통해 초기치료 농도를 결정할 것을 권고하기도 한다. 한편, SLIT에서는 초기치료용 면역요법 시약이 제공되지 않고 곧바로 유지치료용 시약을 투여하는 제품도 있다.

(3) 적정 치료용량: 면역요법 시약은 각 구성성분에 대해 치료 효과가 있는 것으로 증명된 농도로 투여하도록 조제한다. 계획된 적정치료용량을 유지목표로 지칭한다. 적정치료 용량을 견딜 수 없는 경우에는, 더 낮은 용량에서 임상적 효과를 경험할 수 있으며, 이 용량을 유지용량으로 한다. 다수의 연구에서 유지용량으로 1.6-24 µg의 major allergen이 포함된 알레르겐 추출액을 투여하는 것이 효과적인 것으로 증명되었다.<sup>77,79,83,88,91,93,94,114</sup>

(4) 알레르겐 혼합의 원칙: 면역요법 시 여러 종류의 알레르겐 추출액을 혼합 처방하는 경우가 있다. 복수의 항원을 혼합할 경우, 희석 효과에 의해 각각의 알레르겐의 유효농도가 달라질 수 있으며, 제품에 따라 혼합 가능한 항원의 개수가 제한될 수도 있다. 따라서 가능한 최소의 알레르겐을 포함시키기 위해, 처방의사는 다음과 같은 혼합원칙을 고려하도록 한다.

① 교차반응하는 추출물의 혼합: 우리나라에서는 성분항원 검사가 제한적이기 때문에 교차반응, 다중감작, 다중알레르기를 정확히 구분하기는 어렵다. 이러한 현실적인 제한점을 감안하여 우선 임상적으로 중요한 알레르겐 간의 교차항원성을 고려한다. 우선 나무 꽃가루와 관련해서는 식물학적으로 연관된 많은 꽃가루들이 교차반응하는 경우가 흔하므로 계통학적 분류(Table 5)를 참고하여<sup>115</sup> 교차반응하는 속(genus) 또는 아과(subfamily) 내에서 한 가지 꽃가루만 선택해도 충분하다.<sup>115,116</sup> 즉, 나무 꽃가루 중 자작나무

Table 5. Phylogenetic classification of major pollens in Korea

| Allergen           | Family                      | Genus                  | Common name         |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| Tree pollen        | Betulaceae (자작나무과)          | <i>Alnus</i> (오리나무속)   | Alder               |
|                    |                             | <i>Betula</i> (자작나무속)  | Birch               |
|                    |                             | <i>Corylus</i> (개암나무속) | Hazel               |
|                    | Fagaceae (참나무과)             | <i>Quercus</i> (참나무속)  | Oak                 |
|                    |                             | <i>Fagus</i> (너도밤나무속)  | Beech               |
| Taxodiaceae (낙우송과) | <i>Cryptomeria</i> (삼나무속)   | Japanese cedar         |                     |
| Weed pollen        | Asteraceae/Compositae (국화과) | <i>Ambrosia</i> (돼지풀속) | Ragweed             |
|                    |                             | <i>Artemisia</i> (쑥속)  | Mugwort             |
|                    | Canabaceae (삼과)             | <i>Humulus</i> (환삼덩굴속) | Japanese hop        |
| Grass pollen       | Pooideae (포아풀아과)            | <i>Lolium</i> (호밀풀속)   | Rye grass           |
|                    |                             | <i>Dactylis</i> (오리새속) | Orchard grass       |
|                    |                             | <i>Phleum</i> (큰조아재비속) | Timothy grass       |
|                    |                             | <i>Poa</i> (포아풀속)      | Kentucky blue grass |
|                    | Chloridoideae (나도바랭이아과)     | <i>Cynodon</i> (우산잔디속) | Bermuda grass       |

와 오리나무 꽃가루 간에 교차항원성이 강하므로 일반적으로 자작나무 꽃가루를 선정한다. 잔디 꽃가루 간에는 일반적으로 교차항원성이 강하지만, 우산잔디(Bermuda grass)는 다른 잔디 꽃가루와 교차항원성이 없다.<sup>116</sup> 잡초 꽃가루 중 쑥과 돼지풀 간에는 교차항원성이 없다.<sup>115</sup> 반면에 쑥과 국화과 식물 간에는 교차항원성이 강하므로 쑥만 포함시켜도 무방하다.<sup>115</sup> 한편 잡초 꽃가루인 환삼덩굴도 쑥, 돼지풀과 교차항원성이 없으나 환삼덩굴에 대한 면역요법용 알레르겐 추출물은 우리나라에서 가용하지가 않다. 집먼지진드기 중 *D. pteronyssinus*와 *D. farinae*의 주요 알레르겐 간에는 교차항원성이 강하나 일부 알레르겐은 교차항원성이 없다. 따라서 일반적으로 면역요법 시 *D. pteronyssinus*와 *D. farinae*을 1:1로 같이 포함시키고, 적정 치료용량을 결정할 때에는 두 알레르겐을 합산한 값으로 결정한다.

② 단백질 분해 효소와 혼합: 곰팡이와 바퀴 추출액에는 단백질 분해 효소가 포함되어 있어 다른 알레르겐과 혼합할 경우 항원성을 훼손시킬 수 있다.<sup>114,117,118</sup> 따라서 바퀴와 곰팡이 추출액은 다른 알레르겐과 다른 병에 조제하도록 한다. 집먼지 진드기는 꽃가루 또는 개, 고양이 알레르겐과 혼합이 가능하다.

3) 알레르겐 추출물의 관리

(1) 보관: 알레르겐 추출물은 효능 상실률을 줄이기 위해 섭씨 4도에서 보관한다.<sup>119</sup> 농도를 많이 희석할수록(1:10 vol/vol 이상 희석하면) 온도의 영향에 더 민감해지며, 농축된 알레르겐 추출물에 비해 더욱 빠른 속도로 효능을 잃게 되어 유효 기간이 짧아진다.<sup>119,120</sup> 알레르겐 추출물의 유효 기간은 저장 온도, 보존제 및 살균제의 존재, 농도, 단백질 분해 효소의 존재, 저장 유리병의 부피 등 여러 인자들을 고려하여 결정된다. 현재 국내에서 가용한 면역요법 제품 중

에 의료진이 항원을 혼합할 수 있는 Hollister-Stier 사의 알레르겐 희석액에는 알레르겐 항원성을 보존시키기 위해서 0.03% human serum albumin이, 박테리아 증식을 억제하기 위해서 0.4%의 phenol이 포함되어 있다. 또한 원료가 되는 알레르겐은 50% 글리세린에 넣어져 공급되고 있으며, 최종적으로 조제되는 과정에서 글리세린 농도는 자연적으로 희석된다.

(2) 유지농축액의 희석: 면역요법의 증량단계를 준비하기 위해 유지농축액을 순차적으로 희석한다.

(3) 희석농도의 표기: 유지농축액에서 희석된 희석액을 일관되고 통일된 체계로 표시하면, 투약 오류를 감소시킬 수 있다.

(4) 면역치료제 유리용기의 개인화: 면역요법 시 투약 오류, 즉 잘못된 용량을 주사하거나 다른 환자에게 주사할 수 있다. 따라서, 알레르겐 추출물의 개별 유지농축액 및 희석액에 환자의 이름, 등록번호, 출생일을 표시하여, 투약오류의 위험성을 줄여야 한다. 주사기 내에서 항원들을 혼합하는 것은 추출물들의 교차 오염 가능성이 있어 권장되지 않는다.

### 투여 방법

#### 요약

1. 면역요법을 4-8주 간격으로 3-5년 이상 유지하면 면역요법 종료 이후 증상 및 질병경과의 호전이 장기간 유지된다. (High)
2. 유지용량에 도달하면 임상적인 증상의 호전을 관찰할 수 있다. (High)
3. 급속 면역요법은 표준 면역요법에 비해 더 빨리 유지용량에 도달할 수 있으며, 적절한 전처치가 이루어진다면 표준 면역요법에 비해 전신반응의 위험성이 증가하지 않는다. (High)
4. H1-항히스타민제로 전처치를 하는 경우 전신반응의 빈도를 감소시킬 수 있다. (High)
5. 심각한 전신반응이 일어난 경우 일정과 용량을 적절히 조절하여야 한다. (Very low)
6. 환자들은 면역요법을 받는 동안 적어도 3개월에 한 번씩 추적관찰해야 한다. (Very low)

#### 1) 일반적 사항

(1) 알레르기 면역요법은 면역요법에 의한 부작용 발생에 대응할 수 있는 인적 및 물적 자원을 갖춘 의료기관에서 알레르기 전공자 또는 관련 치료 경험이 있는 의사가 시행해야 한다.

(2) 면역요법 전 환자에게 면역요법의 과정, 기간, 예상되는 효과 및 부작용 등에 대해 설명해야 하며 이를 동의서에 기록해야 한다. 동의서에는 면역요법 시 발생 가능한 부작용이 포함되어야 하고, 이에 대한 내용도 환자기록지에 기록하여야 한다(Table 6).

(3) 면역요법 주사 시작에 앞서 환자가 호소하고 있는 증상(알레르기 증상 또는 발열이나 감염의 징후 등), 직전 면역요법 후 이상반응 유무, 직전 면역요법 후 경과한 기간에 대한 자세한 검토가 필요하다.<sup>121</sup>

(4) 일반적으로 26-27 게이지, 0.5인치 길이의 바늘이 달린 1 mL 주사기를 사용하며, 상박의 가운데 1/3 부위의 외측에 피부소독 후 피하 주사한다. 투여 시 피부를 집어 들어올려 피하 주사가 용이하도록 한다. 근육 및 피내주사는 권장되지 않으며, 정맥 내 주사는 어떠한 경우라도 실시하지 않는다.

(5) 면역요법 후 의료진이 최소 30분 이상 이상반응 발생 여부를 관찰해야 하며, 이상이 없다면 귀가하도록 안내한다.

#### 2) 증량단계(induction period or build-up phase)

(1) 시작 용량: 알레르기 면역요법의 시작 용량은 제품별로 상이하며, 일반적으로 유지용량의 농도를 1:1,000-1:10,000 희석한 농도부터 시작하도록 권장한다. 시작 용량이 높은 경우 빠른 시간에 유지용량에 도달할 수 있지만, 전신반응의 발생 위험성이 높아진다.<sup>122</sup> 따라서, 시작 용량을 결정할 때에는 환자의 병력과 증상 여부를 고려하여 결정한다. 꽃가루와 같은 계절성 알레르겐에 감작되어 있는 경우, 증상이 악화되는 계절에 새롭게 면역요법을 시작하는 것은 일반적으로 권장되지 않는다. 통년성 알레르겐의 경우 증상이 심하지 않을 때 면역요법을 시작한다.

(2) 증량 단계의 주사 간격: 면역요법의 증량 방법은 크게 표준(conventional), 집중(cluster), 급속(rush) 및 초급속(ultra-rush) 면역요법으로 나뉜다(Table 7). 표준 면역요법은 1-2주 간격으로 용량을 증량하는 방법이며 일반적으로 2-3개월 후 유지용량에 도달하게 된다. 그 이상의 간격으로 시행하였을 경우에 나타날 수 있는 효과나 부작용에 대해서는 자세히 알려져 있지 않다. 집중 면역요법은 하루에 2-3회의 면역요법을 시행하는 것으로 유지용량까지 도달하는데 필요한 시간을 단축시킬 수 있다. 급속 및 초급속 면역요법은 연속적으로 면역요법을 증량하여 1-3일 만에 유지용량에 도달하는 방법으로, 빠른 증상개선을 기대할 수 있으며 적절한 전처치가 이루어진다면 표준 면역요법에 비해 전신반응의 위험성이 증가하지 않는다.<sup>123-127</sup>

(3) 전처치: 투여 2시간 전 항히스타민제를 투여하여 국소 및 전신부작용의 발생을 감소시킬 수 있다.<sup>128</sup> 전처치를 통한 면역요법의 이상반응 예방효과를 확인하기 위해 시행된 이전 연구에서 대부분 H1-항히스타민제를 단독사용(levocetirizine 5 mg, loratadine 10 mg, 또는 fexofenadine 60 mg)이나 H1-항히스타민제, H2-항히스타민제(ranitidine 300 mg), 경구 스테로이드제(prednisone 60 mg)를 병합하여 투여하였을 때 우수한 효과를 나타냈다.<sup>129</sup> 전처치 시 H1-항히스타민제 단독사용과 H1-항히스타민제와 H2-항히스타민제를 병합투여를 비교하였을 때 이상반응 감소에는 차이가 없었다.<sup>130</sup> 이

**Table 6.** Example of patient consent form for allergen immunotherapy

**알레르기 면역치료 환자 설명문 및 동의서**

**1. 면역치료의 개요**

알레르기 면역치료란 알레르기천식과 알레르기비염, 아토피피부염, 곤충독 알레르기 환자에서 적용할 수 있는 근치를 위한 치료법으로 알레르기질환의 원인이 되는 알레르겐을 소량부터 천천히 증량하며 환자에게 투여하여 환자에서 원인 알레르겐에 대한 내성을 유도하여 알레르기질환을 호전시키는 치료법입니다. 알레르기 면역치료는 모든 알레르기 환자에게 적용이 되는 것은 아니며 원인 알레르겐이 확실한 경우, 원인 항원의 회피가 불가능한 경우, 약제 사용에 대한 부작용이 있거나 약물 요법으로 증상 조절이 힘든 경우에 집먼지진드기, 꽃가루, 곰팡이, 바퀴, 반려동물 등의 기존의 긍정적인 효과가 입증된 항원에서 면역치료를 시도해 볼 수 있습니다. 또한 벌에 쏘였을 때 아나필락시스를 경험한 환자에서 시도해 볼 수 있습니다.

**2. 면역치료의 효과**

면역치료는 환자의 기저 알레르기질환이나 대상 항원의 종류에 따라 효과의 차이를 보일 수 있으나 일반적으로 70%~90% 정도의 환자에서 면역치료를 통해 증상과 사용약물의 감소, 기관지과민증의 개선 등의 치료효과를 보이는 것으로 알려져 있습니다. 또한 새로운 항원에 감작을 줄이는 효과가 있고, 알레르기비염 환자에서 천식으로의 진행을 예방하는데도 효과가 있는 것으로 보고되고 있습니다. 이러한 임상적인 효과들은 대개 수개월 후에 나타나기 시작합니다. 증상의 호전 여부 및 사용 약물의 감소가 가장 중요한 치료 반응의 지표입니다.

**3. 면역치료의 일정 및 방법**

면역치료의 대상 항원은 피부반응검사, 혈청 특이 IgE 검사 등 알레르기검사의 결과와 환자의 증상과의 연관성, 항원 간의 교차반응 여부 등을 고려하여 결정됩니다. 치료일정은 부작용을 최소화하기 위해 소량부터 서서히 항원 투여량을 증가시키는 증량 단계와 이러한 치료 효과가 유지되도록 같은 양을 일정 간격으로 투여하는 유지 단계의 두 단계로 이루어져 있습니다. 증량 단계에서는 일반적으로 1주일 간격으로 용량을 두 배씩 증가시키는 것이 원칙이나, 국소 및 전신반응 여부나 환자의 상태에 따라 용량을 조절합니다. 전통적인 방법의 표준 면역치료로 시행할 경우 초기 치료기간은 대개 4-6개월이 소요되나 환자의 사정에 따라 급속 면역치료(rush immunotherapy)나 집중 면역치료(cluster immunotherapy)로 기간을 단축시켜서 시행할 수 있습니다. 유지 단계에서는 최대 투여 용량으로 4-8주 간격으로 투여를 유지하며, 면역치료의 효과를 보일 경우 3년 이상 유지 치료를 하여야 치료 종료 후에도 지속적인 효과를 기대할 수 있습니다.

**4. 발생 가능한 부작용**

면역치료는 원인 알레르겐을 소량씩 증량하여 투여하는 방법으로 과정 중에 일부 국소 및 전신반응이 발생할 수 있습니다. 비교적 흔히 나타날 수 있는 주사 부위의 가려움증, 발적, 경결, 부종 등의 국소반응은 대부분 냉찜질, 항히스타민제 등으로 쉽게 호전됩니다. 하지만 국소반응이 심하게 나타난 경우에는 전신반응의 위험성이 있으므로 주의를 요합니다. 전신 두드러기, 혈관부종, 기도의 부종에 따른 호흡장애, 천식과 비염증상의 급성 악화, 어지러움, 혈압강하, 실신과 같은 전신반응은 주사당 0.01%~0.3% 정도로 드물게 나타나는 것으로 알려져 있으나 에피네프린 주사, 산소, 수액, 기관지확장제 투여, 스테로이드 주사 등 즉각적인 응급 치료를 요하므로 각별히 유의해야 합니다. 이러한 전신반응도 적절한 조치에 의해 대부분 호전될 수 있지만 2,500,000 주사당 1회 정도로 매우 드물게 치명적인 부작용이 발생할 수도 있습니다. 이러한 부작용은 일부에서 지연형으로 발생하는 경우도 있지만 대부분의 경우 주사 후 30분 이내에 발생하므로 유사시 의료진의 신속한 대처를 위해 주사 후 최소한 30분은 병원에서 관찰하여야 합니다.

**5. 면역치료의 조기 중단이 고려되는 경우**

면역치료를 시작하여 유지 단계 치료를 1년 이상 시행했음에도 불구하고 증상 호전이 없는 경우, 면역치료 중 아나필락시스와 같은 심각한 전신반응이 발생하는 경우, 면역치료 중 환자의 협조가 잘 이루어지지 않는 경우, 면역치료의 금기사항에 해당하는 경우가 새로이 발생하는 경우에는 면역치료 중간에 조기 중단을 고려할 수 있습니다. 면역치료 환자가 임신을 할 경우, 환자가 유지 단계에서 부작용 없이 안정적으로 치료를 받고 있는 경우에는 중단 없이 계속 유지할 수 있습니다. 하지만 임신부에게서 면역치료는 전신반응 발생 가능성 때문에 일반적으로 초기치료를 시작하지는 않습니다.

본 환자는 위의 면역치료의 효과, 방법, 관련하여 발생할 수 있는 부작용 등 여러 가지 상황에 대해서 충분한 설명을 들었으며 본인의 자유로운 의사에 따라 면역치료에 동의하고 의료진에 협조하여 시행할 것에 동의합니다.

일시: \_\_\_\_\_년 \_\_\_\_\_월 \_\_\_\_\_일

환자: 성명 \_\_\_\_\_ (서명) \_\_\_\_\_ 연락처 \_\_\_\_\_

법정대리인(필요시): 성명 \_\_\_\_\_ (서명) \_\_\_\_\_ 연락처 \_\_\_\_\_

주치의: 성명 \_\_\_\_\_ (서명) \_\_\_\_\_ 연락처 \_\_\_\_\_

전에 H1-항히스타민제로 전처치하였음에도 이상반응을 보였던 경우에는 경구 스테로이드제와 병합 투여를 고려할 수 있으며, 급속 또는 초급속 면역요법을 시행하는 경우 하루에 투여되는 알레르겐의 총량이 많아 H1-항히스타민제와 경구 스테로이드제를 병합하는 전처치가 필요할 수 있다.

(4) 증량 단계 시 부작용: 집중 면역요법을 표준 면역요법과 비교한 최근 연구에서 집중 면역요법은 전신부작용의 위험성은 증가시키지 않으면서 더 빠른 증상 호전을 보이는 것으로 나타났다.<sup>13)</sup> 급속 및 초급속 면역요법의 경우 하루에 투여되는 알레르겐의 총량이 많아 부작용의 발생가능성 및 중증도가 상대적으로 높다. 급속 및

**Table 7.** Examples of protocol for allergen immunotherapy

| A. Hollister-Stier (adult)   |             |                    |
|------------------------------|-------------|--------------------|
| Vial                         | Dosage (mL) | Conventional       |
| 1/1,000 (yellow)             | 0.1         | Week 1             |
|                              | 0.3         | Week 2             |
|                              | 0.6         | Week 3             |
| 1/100 (green)                | 0.1         | Week 4             |
|                              | 0.3         | Week 5             |
|                              | 0.6         | Week 6             |
| 1/10 (blue)                  | 0.1         | Week 7             |
|                              | 0.3         | Week 8             |
|                              | 0.6         | Week 9             |
| 1/1 (red)                    | 0.05        | Week 10            |
|                              | 0.08        | Week 12            |
|                              | 0.15        | Week 14 or Week 16 |
|                              | 0.20        | Per 4 weeks        |
|                              | 0.25        | Per 4 weeks        |
|                              | 0.30        | Per 4 weeks        |
| Maintain 0.30 mL per 4 weeks |             |                    |
| B. Hollister-Stier (child)   |             |                    |
| Vial                         | Dosage (mL) | Conventional       |
| 1/1,000 (yellow)             | 0.1         | Week 1             |
|                              | 0.2         | Week 2             |
|                              | 0.4         | Week 3             |
| 1/100 (green)                | 0.1         | Week 4             |
|                              | 0.2         | Week 5             |
|                              | 0.4         | Week 6             |
| 1/10 (blue)                  | 0.1         | Week 7             |
|                              | 0.2         | Week 8             |
|                              | 0.4         | Week 9             |
| 1/1 (red)                    | 0.025       | Week 10            |
|                              | 0.075       | Week 12            |
|                              | 0.1         | Week 14 or Week 16 |
|                              | 0.12        | Per 4 weeks        |
|                              | 0.15        | Per 4 weeks        |
| Maintain 0.15 mL per 4 weeks |             |                    |

(continued)

초급속 면역요법의 증량단계에서 H1-항히스타민제 투여에도 불구하고 부작용이 발생할 경우 전신 스테로이드제 및 H1-항히스타민제로 전처치를 고려할 수 있다.<sup>132,133</sup> 또한, 같은 알레르겐에 대한 면역요법이라 하더라도 제품별로 알레르겐의 함량과 항원성이 다르기 때문에 상대적으로 높은 알레르겐 함량 및 항원성을 가진 제품으로 알레르기 면역요법을 시작하는 경우 부작용 발생에 대한 더욱 면밀한 관찰이 필요하다.<sup>134</sup>

(5) 증량 단계 시 투여 용량의 조절: 예정된 날짜에 면역요법이 시행되지 않았을 경우 용량을 조절하는 것에 대한 체계적 연구는 존재하지 않는다. 그러나 증량 단계에서 주사 간격이 길어질수록 부작용

**Table 7.** Examples of protocol for allergen immunotherapy (Continued)

| C. Tyrosine-S                 |             |              |              |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Vial                          | Dosage (mL) | Conventional | Cluster      |
| 1 (green)                     | 0.1         | Week 1       | Week 1       |
|                               | 0.2         | Week 2       |              |
|                               | 0.3         | Week 3       |              |
|                               | 0.5         | Week 4       | Week 2       |
|                               | 0.7         | Week 5       |              |
|                               | 1.0         | Week 6       |              |
| 2 (red)                       | 0.1         | Week 7       | Week 3       |
|                               | 0.2         | Week 8       |              |
|                               | 0.3         | Week 9       | Week 4       |
|                               | 0.5         | Week 10      | Week 5       |
|                               | 0.7         | Week 11      | Week 6       |
|                               | 1.0         | Week 12      | Week 7       |
| Maintain 1.0 mL per 4 weeks   |             |              |              |
| D. Novo-Helisen Depot         |             |              |              |
| Vial                          | Dosage (mL) | Conventional | Cluster      |
| Strength 1 (green)            | 0.1         | Week 1       | Week 1       |
|                               | 0.2         | Week 2       |              |
|                               | 0.4         | Week 3       | Week 2       |
|                               | 0.8         | Week 4       |              |
| Strength 2 (orange)           | 0.1         | Week 5       | Week 3       |
|                               | 0.2         | Week 6       |              |
|                               | 0.4         | Week 7       | Week 4       |
|                               | 0.8         | Week 8       |              |
| Strength 3 (red)              | 0.1         | Week 9       | Week 5       |
|                               | 0.2         | Week 10      | Week 6       |
|                               | 0.4         | Week 11      | Week 7       |
|                               | 0.8         | Week 12      | Week 8       |
| Maintain 0.8 mL per 4 weeks   |             |              |              |
| E. Allergovit                 |             |              |              |
| Vial                          | Dosage (mL) | Conventional | Accelerated* |
| Strength A (stripe)           | 0.1         | Week 1       |              |
|                               | 0.2         | Week 2       | Week 1       |
|                               | 0.4         | Week 3       |              |
|                               | 0.6         |              | Week 2       |
|                               | 0.8         | Week 4       |              |
| Strength B (solid)            | 0.15        | Week 5       |              |
|                               | 0.2         |              | Week 3       |
|                               | 0.3         | Week 6       |              |
|                               | 0.6         | Week 7       | Week 4       |
| Maintain 0.6 mL per 4–8 weeks |             |              |              |

\*Preparation containing grasses and cereals pollen for adults.

용 발생의 가능성이 높다. 예정된 날짜보다 1주 이내로 주사가 지연되면 계속 증량이 가능하며, 8–13일 지연 시 이전 용량 유지, 14–21일 지연 시 이전 용량의 25% 감량, 22–28일 지연 시 이전 용량의 50%를 감량할 수 있다.<sup>73</sup>

3) 유지 단계

(1) 일반적으로 면역요법의 유지 단계는 4-8주 간격으로 투여한다. 이때 제품 사용설명서에 표시된 최고용량을 초과하여 투여하지 않도록 주의하며, 장기간의 증상 조절 및 질병 경과의 호전을 위해 최소 3-5년의 기간 동안 면역요법을 유지하도록 권장한다.<sup>1</sup>

(2) 유지 단계 시 투여 용량의 조절: 증량 단계와 마찬가지로 유지 단계에서 예정된 날짜에 면역요법이 시행되지 않았을 경우 용량을 조절하는 것에 대한 체계적 연구는 존재하지 않는다. 예정된 날짜에 면역요법이 시행되지 않았고 예정된 날짜보다 4주 이상 경과한 경우 마지막 투여 용량의 1/2 (또는 마지막 투여의 이전 단계) 또는 그 이하의 용량으로 감량하여 투여한다. 일반적으로 예정된 날짜보다 시간이 오래 경과할수록 더 낮은 용량으로 다음 면역요법을 시행하는 것이 권장된다.<sup>61</sup> 감량한 용량에 의해 전신반응이 일어나지 않는다면 이전의 유지용량까지 단계적으로 증량할 수 있다. 면역요법 중 면역요법에 의해 증상이 악화될 수 있으며, 이때는 용량을 늘리지 않고 이전 용량을 유지하거나 감량하는 것을 권장한다.<sup>135</sup>

4) 지속적 관리

(1) 추적 관찰: 환자들은 면역요법을 받는 동안 적어도 3개월에 한 번씩 다음의 목적으로 추적관찰을 받아야 한다.

- 효과에 대한 판단
- 안전성에 대한 교육과 부작용 모니터링에 대한 교육
- 환자 순응도에 대한 교육
- 면역요법 투여 일정 또는 알레르겐 함량의 조절 필요에 대한 판단

(2) 문서와 기록 보관: 알레르겐 추출물의 구성 성분, 면역요법에 대한 설명과 환자의 동의서, 추출물의 투여양과 스케줄 등을 기록하고 문서화하여 보관하여야 한다.

(3) 면역요법 투여 용량의 조절: 다음의 상황에서는 면역요법 투여 용량의 조절을 고려한다.

- 새로 조제된 알레르겐 추출물(new vial)로 교체하는 경우
- 이전 면역요법 후 이상반응이 발생한 경우
- 환자가 이전 주사 스케줄을 놓친 경우
- 꽃가루 알레르겐에 감작된 환자에서 감작된 꽃가루 계절에 면역요법을 시행하는 경우

(4) 알레르기 면역요법 시행 장소: 면역요법은 아나필락시스 등 이상반응이 나타났을 때 즉시 처치할 수 있는 진료실이 주사 장소로 가장 선호된다. 또한 전신부작용의 위험이 높은 환자(베타차단계 복용자, 조절되지 않는 천식환자 등)에서는 미리 주의하여야 한다.

(5) 치료 기간: 면역요법의 치료 기간은 치료를 중단하거나 계속할 경우에 발생할 수 있는 이득과 위험을 고려해서 결정해야 한다. 면역요법의 치료기간은 3년 이상 지속할 것을 추천하며, 치료 후에 지속적인 관해상태를 유지할 수 있으나 일부 환자에서는 재발할

수 있다.

(6) 전원: 환자가 면역요법을 받는 동안 다른 병원으로 옮기는 경우에는 기존 면역요법을 지속할지, 새로운 면역요법으로 변경 후 유지할지 여부는 전원을 받고 면역요법을 시행할 의사가 결정해야 한다. 전원 시에는 그 환자의 면역요법 스케줄, 포함된 알레르겐의 종류, 제조회사, 백신 성분(수용성, 글리세린코팅, 표준화, 비표준화 등), 환자의 전신반응 병력(전신반응 종류, 처치법 등), 환자의 순응도 등에 대한 기록을 자세히 전달해야 한다. 기존 일정을 유지한다면 전신반응의 위험도는 실제 증가하지 않지만, 면역요법의 성분이 조금만 변화해도 전신반응의 위험이 증가할 수 있다. 따라서 면역요법 치료처방이 변경될 경우, 적절한 알레르겐 sIgE를 다시 검사하고, 면역요법 일정 등을 다시 조율해야 한다.

**부작용**

**요약**

1. 면역요법 주사 후 발생한 국소부작용으로 그 후에 일어나는 전신반응을 예측할 수 없다. 그러나 빈번하게 광범위 국소부작용이 나타나는 환자들에서 전신반응이 일어날 위험성은 높을 수 있다. (Low)
2. 적절하게 행해진 면역요법 후에 심각한 전신반응이 발생할 위험성은 낮으나 치명적인 반응이 발생할 수 있다. (Low)
3. 면역요법 계획을 수정하거나 보류해야 하는지를 판단하기 위해 알레르겐 추출액을 주사하기 전에 환자의 현재 건강상태에 대한 평가가 이루어져야 한다. (Low)
4. 면역요법 후에 일어나는 대부분의 전신반응은 주사 30분 이내에 일어나므로, 환자는 주사 후에 적어도 30분간 진료실에서 관찰하여야 한다. (Low)
5. 베타차단계와 안지오텐신 전환효소 억제제는 면역요법에 의해 유발된 전신반응의 치료를 어렵게 만들고 회복을 지연시킬 수 있어 주의가 필요하다. (Low)
6. 전신부작용 발생 시 회복가능성이 낮거나 혹은 전신부작용에 대한 치료제 사용이 금지인 경우에는 면역요법을 수행할 수 없다. (Low)
7. 면역요법은 아나필락시스가 발생할 경우 즉시 인지하고 치료할 수 있는 환경에서 실시해야 한다. (Low)

면역 요법에 의한 부작용은 SCIT과 SLIT 모두에서 발생할 수 있으며 면역요법을 시작하기 전에 고려해야 하는 금기사항은 Table 2와 같다.

1) 국소부작용

면역요법에 의한 국소부작용은 약 26%-86%의 빈도로 흔하게

발생한다. 이러한 국소부작용으로 이후의 전신부작용 발생을 예측하기는 어렵다.<sup>136</sup> 그러나 전신부작용이 발생한 환자에서 이전에 국소부작용의 발생빈도가 4배 높다는 연구도 있어 빈번하게 광범위 국소반응이 나타나는 환자들에서 전신반응이 일어날 위험성은 높을 것으로 생각된다.<sup>137</sup> 10 cm 미만의 국소부작용의 경우에는 계획대로 증량 가능하며 환자가 가려움, 동통 같은 증상을 호소할 경우 H1-항히스타민제로 처치가 필요하다. 그러나 주사부위의 팽진 또는 발적의 지름이 10 cm 이상인 큰 국소부작용의 경우에 예정대로 증량했을 때 전신부작용의 가능성이 있어 마지막 투여 용량의 1/2 이하 또는 중단계로 감량하거나 투여 전 H1-항히스타민제와 경구 스테로이드제로 전처치하는 것을 권장한다.

### 2) 전신부작용

전신부작용의 발생 빈도는 표준 면역요법을 받은 환자에서는 1% 미만으로 보고되지만 급속 면역요법을 시행한 몇몇 연구에서는 36%까지 부작용이 보고되었다.<sup>138,139</sup> 미국에서 시행된 연구에 의하면 심한 호흡부전, 저혈압, 에피네프린 주사의 응급사용 등이 필요한 심한 전신부작용의 발생빈도는 백만 번의 주사당 5.4건 정도로 발생했으며,<sup>135</sup> 사망률은 250만 번의 주사당 1명의 빈도로 발생하였다.<sup>140</sup> 그러므로 비록 면역요법에 의한 심한 전신부작용은 흔하지 않지만, 치명적인 전신부작용의 가능성은 있다.

전신부작용의 경우 70%~90%는 주사 후 30분 이내에 발생했다.<sup>135,138,140</sup> 하지만 다른 연구에서는 부작용의 38%가 주사 후 30분부터 6시간 사이에 발생했으며, 주사 후 2시간 이후에 8% 정도의 부작용이 발생하였다는 보고도 있어 주사 후 30분 이후에도 주의를 요한다.<sup>141,142</sup> 이러한 점을 고려하여 환자는 주사 후 적어도 30분은 병원에 머물러야 한다. 특히 전신부작용 발생 가능성이 높은 환자는 주사 후 30분 이상 병원에 머무르는 것이 바람직하며, 자가주사용 에피네프린 휴대를 고려해볼 수 있다. 전신 부작용이 발생한 경우는 마지막 투여 용량의 1/2 이하 또는 중단계로 감량하고 심한 전신부작용이 발생한 환자의 경우는 면역요법의 이득과 위험에 대하여 다시 한번 고려한 후 면역요법을 계속할지 결정해야 한다.<sup>143</sup>

### 3) 전신부작용의 발생 위험 인자

심한 전신부작용의 발생 위험 인자는 조절되지 않는 천식, 계절적으로 악화되는 시기에 면역요법을 시행하는 경우, 면역요법 주사 용량의 오류, 이전 전신부작용 발생력, 베타차단제 복용, 피부반응 시험에서 알레르겐에 대한 반응이 강하게 나온 경우, 새로 조제된 알레르겐 추출물(new vial)을 투여할 경우 등이다.<sup>135,140</sup> 부분적으로 조절되거나 조절되지 않는 천식은 면역요법의 금기증에 해당한다. 천식 환자에서 면역요법을 시작하는 경우 충분한 증상 조절이 이루어졌다고 판단될 때 시행할 수 있다.

알레르겐에 대한 피부반응이 높았던 경우와 주사량의 오류를 제

외한 다른 위험 인자는 약제를 주사하기 전에 환자 상태를 미리 평가함으로써 줄일 수 있다. 주사 전 평가의 내용에는 천식 증상, 알레르기 증상의 악화, 베타차단제나 안지오텐신 전환효소 억제제의 복용, 임신을 포함한 최근 건강상태의 변화, 이전 알레르겐 면역주사에 대한 부작용 등을 포함하여야 한다. 천식환자의 폐기능을 평가하기 위해 최대호기량을 측정하는 것도 도움이 될 수 있다. 심각한 전신질환을 가진 환자는 일반적으로 면역요법을 시행하여서는 안 된다.<sup>143</sup>

### 4) 아나필락시스

면역요법의 가장 큰 위험성은 아나필락시스이다. 아나필락시스는 아주 드물게 적절한 치료에도 불구하고 치명적일 수 있다. 따라서 면역요법은 아나필락시스 발생 시 이를 빠르게 인지하고 치료할 수 있는 의사나 응급치료를 교육받은 의료인의 감독하에 시행되어야 한다. 주사를 직접 시행하는 의료인은 환자의 증상을 면밀히 관찰하고 아나필락시스 발생 시 초기에 인지해야 하며 적절한 치료를 할 수 있어야 한다. World Allergy Organization에서는 면역주사 이후에 발생할 수 있는 아나필락시스를 증상에 따라 5단계로 구분하였다.<sup>144</sup> 의료인은 에피네프린 투여 시 약리학적 작용과 약제 부작용, 투여방법에 대하여 숙지하고 있어야 하며 치료반응이 없을 경우에는 가능한 이유에 대하여도 알고 있어야 한다.<sup>143,145,146</sup> 에피네프린이 아나필락시스의 기본 치료이므로 에피네프린 사용이 금기인 질환을 앓고 있는 환자에게는 면역요법을 시행하지 않는다. 아나필락시스 발생 초기에 에피네프린 투여가 필수이며, 적절한 인력, 장비, 약제가 준비되어 즉각 투여할 수 있도록 준비되어야 한다. 아나필락시스의 위험을 감소시키고 아나필락시스의 치료에 필요한 장비는 Table 8에 나와 있다.<sup>143</sup>

베타차단제나 안지오텐신 전환효소 억제제 등을 투여 받고 있는 환자의 경우에도 면역요법을 신중하게 시행해야 한다.<sup>1</sup> 베타차단제는 아나필락시스의 중요한 치료제인 에피네프린의 효과를 감소시키므로 주의를 요한다. 안지오텐신 전환효소 억제제도 아나필락시스 발생 시 레닌-안지오텐신 시스템의 보상적 작용을 방해할 수 있

**Table 8.** Recommended equipment and medications to treat anaphylaxis

|   |
|---|
| • Stethoscope and sphygmomanometer  |
| • Tourniquet, syringes, hypodermic needles, and large-bore needles (14-gauge)   |
| • Aqueous epinephrine hydrochloride 1:1,000 wt/vol  |
| • Equipment to administer oxygen by mask  |
| • Intravenous fluid set-up  |
| • Antihistamine for injection (second-line agents for anaphylaxis, but H1 and H2 antihistamines work better together than either one alone) |
| • Corticosteroids for intravenous injection   |
| • Vasopressor for intravenous injection   |
| • Equipment to maintain an airway   |

어 더 심한 증상을 유발할 가능성이 있다. 특히 이전의 연구에 의하면 안지오텐신 전환효소 억제제 복용이 벌독 면역요법이나 흡입 항원 면역요법에서 아나필락시스 위험을 높이는 것으로 알려져 있기 때문에, 이러한 환자에서 면역요법을 시작하는 경우 안지오텐신 전환효소 억제제 중단을 고려해볼 수 있다. 심한 전신증상이 발생하였을 경우 회복할 수 있는 능력이 부족한 질환이 있는 환자에서도 면역요법 이외에 다른 치료 방법을 고려해야 한다. 대표적인 예는 심한 폐기능의 감소, 잘 조절되지 않는 천식, 불안정성 협심증, 최근 발생한 심근경색, 심한 부정맥, 조절되지 않는 고혈압 등이다.<sup>143</sup>

### 임상효과의 판정

#### 요약

1. 면역요법에서 증상 개선과 약물사용량의 변화를 반영하는 임상 지표가 일차적인 효과판정법이다. 천식환자에서는 폐기능(forced expiratory volume in 1 second 또는 peak expiratory flow rate)의 변화, 비염환자에서 시각아날로그척도(visual analogue scale, VAS)와 복합증상-약물사용점수(Combined Symptoms and rescue Medication Scores, CSMS)를 측정하는 것이 임상적으로 유용한 방법이 될 수 있다. (High)
2. 면역요법을 받는 환자들에서 혈청 sIgE와 sIgG4의 측정과 피부반응시험은 경과 관찰에 고려해 볼 수 있다. (Very low)

#### 1) 증상 및 약물 요구량 관련 지표

질병에 대한 주관적 증상 지표의 대표적 예로서 ARIA 가이드라인<sup>47</sup>에서 제시한 시각아날로그척도(VAS)가 있다. VAS는 질병 특이 삶의 질 점수(Rhinoconjunctivitis Quality of Life Questionnaire, RQLQ)를 비롯 약물 요구량 변화와 유의한 상관관계를 보였고,<sup>148</sup> 소아와 성인에서 면역요법 약제 개발을 위한 무작위 임상시험에서 사용되고 있다.<sup>77,95,149,150</sup> 이 밖에 FDA와 유럽의약청(European Medicines Agency)은 매일의 비결막염 증상과 약물 요구량을 비염 4개 항목, 결막염 2개 항목, 약제 3종류로 각각 점수화 한 복합증상-약물사용점수(CSMS)를 임상시험에서 사용하도록 권유하고 있다.<sup>151</sup> 하지만 현재까지 이러한 점수체계들을 임상시험 외 실제 환자 진료 중 면역요법의 성공 여부를 판단하는 지표로서 그 유용성에 대해 분석한 연구는 제한적이다. 따라서 대부분 증상 호전 정도에 대한 환자들의 보고와 주관적인 평가에 의존하고 있는데, Short Form (SF)-12, SF-36과 같은 삶의 질 설문이나 RQLQ와 같은 질병 특이적 삶의 질 측정도 도움이 될 수 있다.<sup>151</sup>

#### 2) 혈액검사

혈청 sIgE는 면역치료 초반에 일시적으로 증가하였다가 감소하

나, 면역요법의 예후나 임상 증상과는 연관성이 없는 것으로 알려져 있다. 혈청 총 IgE (total IgE, tIgE) 값의 변화에 대해서는 연구마다 차이가 있다.<sup>152</sup> 집먼지진드기에 대한 SCIT 또는 SLIT 이후 sIgE와 tIgE의 비(sIgE/tIgE ratio)가 비염/천식의 증상 호전과 연관성이 있었다는 후향적 분석연구 결과가 보고된 바가 있으나,<sup>153,154</sup> 전향적 무작위연구에서는 증명되지 않았다. 혈청 sIgG4는 SCIT에 의해 증가하며 비강유발시험을 통한 민감도 감소와 연관이 있었고<sup>155</sup> sIgG4/sIgE 비는 SCIT 중에 피부반응의 감소와 연관이 있었다는 보고가 있으나<sup>156,157</sup> 추가적인 연구가 필요하다. 결론적으로, 이러한 바이오마커들은 면역요법의 효과판정에 사용하기에는 아직 제한점이 많고 측정법의 유용성이 떨어진다는 한계가 있다.

#### 3) 피부시험과 유발시험

피부단자시험, 피내시험, 비강유발시험, 결막유발시험과 같은 유발시험과 비특이적 기관지유발시험, 폐기능검사를 면역요법에 의한 치료 효과를 판정하기 위해 사용할 수 있다.<sup>151,152</sup> 피부반응시험은 치료 약제 개발을 위한 몇몇 임상연구에서 면역요법의 효과 판정 지표로 사용되었으나<sup>158-160</sup> 자연상태에서의 알레르겐 노출을 대변할 수는 없으며, 특히 피내시험은 증상 호전 정도와의 연관성이 증명되지 않아서 실제 임상에서 면역요법의 효과 판정을 위한 지표로 사용될 수 없다.<sup>151,152</sup> 비강/결막 유발시험은 현재까지 검사와 판독법이 표준화되지 않았다. 따라서, 이러한 유발시험들은 면역요법의 효과 판정을 위한 목적으로 질환의 증상변화와 응급약물 요구량 변화 등의 임상적 지표를 대체하여 사용하는데 한계가 있다.

### 소아면역요법

#### 요약

1. 소아에서의 면역요법은 새로운 알레르겐 감작을 예방할 수 있고, 알레르기비염이 천식으로 이행하는 것을 감소시키는 등 알레르기 행진을 억제하여 향후 알레르기질환의 발생을 감소시킬 수 있다. (High)
2. 소아에서 면역요법은 대부분 효과적이다. 성인과 마찬가지로 알레르기비염, 천식, 벌독 알레르기 등의 질환에서 SCIT 또는 SLIT을 권장하는데, 면역요법을 위해 주로 사용하는 알레르겐의 종류는 집먼지진드기, 꽃가루, 벌독, 반려동물 등으로 성인과 유사하다. (High)
3. 소아의 면역요법은 안전성 등의 이유로 5세 이상에서 시행할 것을 권장한다. (High)
4. 소아에서 면역요법은 SCIT과 SLIT 모두 효과적이므로 환자 또는 가족의 선호도, 비용, 순응도 등에 따라 결정한다. (High)



소아는 성인과 달리 알레르기질환에 대해 효과적인 치료를 하지 않는다면 연속적인 알레르기 행진으로 나타날 수 있다. 알레르기 행진의 원인 가설은 크게 두 가지로 볼 수 있는데, 그중 하나는 어린 시절 환경의 영향에 의해 체내 미생물군 구성이 변하고 그로 인하여 미생물군과 면역체계와의 상호 균형이 적절하지 못하게 되면서 조절 T 세포의 활성이 충분히 일어나지 않게 되어, 면역 조절 기능이 감소하여 알레르기질환이 발생하게 된다는 것이다.<sup>52</sup> 두 번째는 피부 장벽의 손상에 의해 선천성 사이토카인이 활성화되고, Th2 염증반응이 증가한다는 것이다.<sup>161</sup> 그러므로 소아면역요법은 소아가 환경적 영향으로 알레르기질환이 발생하였더라 하더라도, 면역 관용을 유도하여 항원에 대한 과민성을 약화시키는 치료법으로, 알레르기질환의 발병 기전에 따른 근본적인 치료라 할 수 있다.

소아에 대한 면역요법은 대부분의 연구에서 매우 효과적이라고 보고하였다.<sup>110,162</sup> 최근 연구들의 결과에서 소아의 면역요법의 효과를 정리해보면 첫째, 천식과 알레르기비염 환아에서 증상 조절에 도움을 주며,<sup>163,164</sup> 아토피피부염에서도 임상적 중증도를 호전시킨다.<sup>52,165</sup> 둘째, 기도과민성을 줄여주고,<sup>59</sup> 알레르기비염이 있는 소아에서 면역요법 후 천식으로의 이행을 감소시킨다.<sup>163,164</sup> 셋째, 면역요법을 시행한 환자에서 새로운 알레르겐 감작을 예방할 수 있다.<sup>163,164</sup> 성인과 마찬가지로 소아에서도 알레르기비염, 천식, 별독 알레르기 등의 질환을 가진 소아에 대해서 주로 면역요법을 권유하고 집먼지진드기와 꽃가루, 별독 항원에 양성일 경우 권유한다. 유럽의 지침에 의하면, 알레르기비염 증상이 심하지 않더라도 장기 치료효과를 원하거나 천식을 예방하고자 하는 경우 면역요법을 고려해 볼 수 있고, 조절되고 있는 집먼지진드기에 의한 알레르기천식을 가진 소아에서 증상 및 약물사용을 줄이기 위해 규칙적인 천식 치료에 추가 보조 치료로서 집먼지진드기 SCIT 또는 SLIT을 권장한다.<sup>97</sup> 또한 5세가 넘는 소아에서 별독에 대한 감작을 확인할 수 있고, 전체적인 피부 증상에 더하여 전신반응을 동반하는 경우 별독 면역요법을 시행할 수 있다.<sup>24</sup> 그러나 천식 예방을 위해 미취학 아동에서 면역요법을 시행하는 이점은 현재로서는 근거가 없다.<sup>59,166</sup>

면역요법의 시행은 표준화, 상품화되어 있는 알레르겐을 대상으로 하기 때문에 환자에게 증상을 일으키는 원인 알레르겐의 종류에 따라 면역요법의 가능 여부가 결정된다. 현재 일부 꽃가루들과 집먼지진드기에 국한된 흡입 알레르겐에 대한 면역요법의 효과와 안전성이 입증되었다. 그러나 소아에서 반려동물, 곰팡이, 바퀴에 대한 면역요법에 대한 근거는 제한적이며, 표준화된 알레르겐의 부족과 해당 알레르겐 대한 개인의 감작 정도가 다양하여 치료 효과 및 비용 효율에 대한 근거가 아직은 부족하다.<sup>1,167-169</sup>

면역요법은 안전성 등의 이유로 전문가 견해에 따라 5세부터 시작하는 것으로 확립되었고 대규모 임상시험을 포함한 소아 임상시험의 대부분은 5세 이상의 소아를 포함하여 더 나이가 많은 학동

기 소아와 청소년을 대상으로 하였다.<sup>170,171</sup> 어린 소아에서의 면역요법에 대한 근거가 일부 있으나 제한적이며, 5세 미만의 어린 소아는 면역요법의 잠재적 안전성과 알레르기비염을 정확하게 진단할 수 있는 능력에 대한 우려로 인해 무작위시험에 거의 포함되지 않았다. 어린 소아에서는 증상의 호전이나 악화를 분명하게 알기 어려울 수 있고, 부작용에 대한 증상을 호소하는데 의사소통의 어려움이 있을 수 있다. 특히 SCIT과 관련된 반복적인 주사로 어려움을 겪을 가능성이 높다. 반면 SLIT은 이 나이군에서 비교적 안전한 것으로 보고되며 더 나이가 많은 소아와 유사한 부작용의 증상과 빈도를 나타냈다.<sup>172-175</sup> 그러나 순응도가 낮을 수 있고, 한 연구에서는 거의 절반의 환자가 처음 수개월 이내에 치료를 중단하였다. 중단한 환자들은 대부분 부작용 때문이 아닌 약물 복용 방법의 불편함, 맛이 좋지 않음 등의 이유로 중단하였다.<sup>176</sup>

SCIT과 SLIT은 현재 모두 소아 알레르기비염과 알레르기천식의 효과적인 치료로 인정되고 있다.<sup>59</sup> 집먼지진드기에 의한 알레르기비염을 가진 소아에서 SCIT과 SLIT의 효과와 안전성을 비교하는 무작위대조연구들은 두 방법 모두 효과적임을 보고하였으나<sup>177,178</sup> 일부 일대일 무작위대조연구(head-to-head randomized controlled trial)에서 SCIT이 SLIT에 비해 증상 조절에 더 효과적임을 보고하였다.<sup>179,180</sup> 소아 알레르기천식 환자에서 시행된 SCIT과 SLIT에 대해 각각 30개의 무작위대조연구를 메타분석한 결과 두 방법 모두 천식 조절에 효과적이었다. 그런데 SCIT은 삶의 질과 항원특이 기도과민성을 호전시킨 반면에 SLIT은 그러한 효과를 보이지 않았다.<sup>181</sup> 결론적으로 SCIT과 SLIT은 소아 알레르기비염과 천식에서 모두 효과적인 치료로서 두 방법의 우열성을 논하기에는 아직까지 근거가 충분하지 않다. 두 방법 중 환자 또는 가족의 선호도, 순응도, 알레르겐의 가용성 등에 따라 선택하도록 한다.

소아에서 SCIT과 SLIT의 안전성 프로파일은 대부분의 임상시험에서 철저히 평가되었다.<sup>182,183</sup> SCIT에서 나타나는 대부분의 부작용은 주사 부위의 국소 반응, 즉 발적, 가려움증 또는 부종이다. 전신반응(예: 천식, 혈관부종, 전신 두드러기, 아나필락시스)이 전체 SCIT 환자의 약 2%에서 보고되었고 매우 드물지만 치명적이거나 거의 치명적인 전신반응이 보고된 바 있다.<sup>135</sup> 일반적으로 SLIT은 주로 구강 점막에 국한된 국소 이상반응을 보일 수 있고, 천식, 두드러기, 복통과 같은 이상 반응이 보고되었다. 호산구성 식도염의 위험이 보고되었고, 현재 호산구성 식도염은 SLIT의 금지 사유가 된다.<sup>33,184</sup>

## 결론

SCIT은 알레르기비염, 천식, 별독 알레르기 환자에게 적용할 수 있으며, 면역요법의 위험이 예상되는 이득보다 클 수 있는 절대적 또는 상대적 금기사항을 고려하여 환자를 선정하여야 한다. 노출

병력과 증상 유발 정도, 피부단자시험 및 sIgE 검사 결과를 종합하여 치료 대상 알레르겐을 선정하며, 유지용량에 도달하면 4-8주간격으로 3-5년 이상 유지하도록 한다. 면역요법은 증량단계와 유지단계로 나누어지며, 면역요법을 받는 동안 효과와 안정성에 대한 판단과 순응도에 대한 교육을 위해 정기적인 추적 관찰이 필요하다. 면역요법에 의한 부작용은 국소부작용과 전신부작용으로 나눌 수 있으며 각 부작용에 대한 대처 방법을 숙지하여야 한다. 아나필락시스 발생할 경우 즉시 인지하고 치료할 수 있는 환경에서 실시하여야 한다. 면역요법의 임상효과는 증상 개선과 약물사용량의 변화를 반영하는 임상지표가 일차적인 효과판정법이다. 이 가이드라인에서 제시한 치료방법과 부작용 모니터링을 참고로 활용한다면 알레르기 면역요법을 보다 효과적이고 안전하게 시행할 수 있을 것으로 기대한다. 다만, 증량단계의 프로토콜은 환자가 처한 환경과 안전을 고려하여 병의원의 사정에 맞게 변형하여 사용할 것을 권고한다.

### 감사의 글(ACKNOWLEDGMENTS)

이 면역치료 진료지침은 대한천식알레르기학회의 연구비 지원을 받아서 제작되었습니다. 지침 제작에 참여하신 대한천식알레르기학회 면역요법/알레르겐연구팀의 모든 선생님들께 감사를 드립니다.

이 논문은 *Allergy Asthma Immunol Res (AAIR)* 잡지에 1차 출판된 논문(<https://doi.org/10.4168/aaair.2023.15.6.725>)으로 AAIR/AARD 잡지 편집장과 저자들의 2차 출판 허가를 받았습니다.

### REFERENCES

- Jutel M, Agache I, Bonini S, Burks AW, Calderon M, Canonica W, et al. International consensus on allergy immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2015;136:556-68.
- Noon L. Prophylactic inoculation against hay fever. *Lancet* 1911;177:1572-3.
- Freeman J. Further observations on the treatment of hay fever by hypodermic inoculations of pollen vaccine. Historical document. *Ann Allergy* 1960;18:427-34.
- Hur GY, Kim TB, Kim ST, Han MY, Nahm DH, Lee YW, et al. Allergy immunotherapy. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2010;30:153-83.
- Balshe H, Helfand M, Schunemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 2011;64:401-6.
- Shamji MH, Sharif H, Layhadi JA, Zhu R, Kishore U, Renz H. Diverse immune mechanisms of allergen immunotherapy for allergic rhinitis with and without asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2022;149:791-801.
- Gardner LM, Thien FC, Douglass JA, Rolland JM, O'Hehir RE. Induction of T 'regulatory' cells by standardized house dust mite immunotherapy: an increase in CD4+ CD25+ interleukin-10+ T cells expressing peripheral tissue trafficking markers. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1209-19.
- Varona R, Ramos T, Escribese MM, Jimeno L, Galán A, Würtzen PA, et al. Persistent regulatory T-cell response 2 years after 3 years of grass tablet SLIT: links to reduced eosinophil counts, sIgE levels, and clinical benefit. *Allergy* 2019;74:349-60.
- Pavón-Romero GE, Parra-Vargas MI, Ramírez-Jiménez F, Melgoza-Ruiz E, Serrano-Pérez NH, Teran LM. Allergen immunotherapy: current and future trends. *Cells* 2022;11:212.
- Akdis CA, Akdis M. Mechanisms of allergen-specific immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2011;127:18-27; quiz 28-9.
- Zimmer A, Bouley J, Le Mignon M, Pliquet E, Horiot S, Turfkruyer M, et al. A regulatory dendritic cell signature correlates with the clinical efficacy of allergen-specific sublingual immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2012;129:1020-30.
- Shamji MH, Durham SR. Mechanisms of allergen immunotherapy for inhaled allergens and predictive biomarkers. *J Allergy Clin Immunol* 2017;140:1485-98.
- Schandené L, Alonso-Vega C, Willems F, Gérard C, Delvaux A, Velu T, et al. B7/CD28-dependent IL-5 production by human resting T cells is inhibited by IL-10. *J Immunol* 1994;152:4368-74.
- van de Veen W, Stanic B, Wirz OF, Jansen K, Globinska A, Akdis M. Role of regulatory B cells in immune tolerance to allergens and beyond. *J Allergy Clin Immunol* 2016;138:654-65.
- Golden DB, Meyers DA, Kagey-Sobotka A, Valentine MD, Lichtenstein LM. Clinical relevance of the venom-specific immunoglobulin G antibody level during immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 1982;69:489-93.
- Müller U, Helbling A, Bischof M. Predictive value of venom-specific IgE, IgG and IgG subclass antibodies in patients on immunotherapy with honey bee venom. *Allergy* 1989;44:412-8.
- Wachholz PA, Soni NK, Till SJ, Durham SR. Inhibition of allergen-IgE binding to B cells by IgG antibodies after grass pollen immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2003;112:915-22.
- Mitthamsiri W, Pradubpongsa P, Sangasapaviliya A, Boonpiyathad T. Decreased CRTH2 expression and response to allergen re-stimulation on innate lymphoid cells in patients with allergen-specific immunotherapy. *Allergy Asthma Immunol Res* 2018;10:662-74.
- Eljaszewicz A, Ruchti F, Radzikowska U, Globinska A, Boonpiyathad T, Gschwend A, et al. Trained immunity and tolerance in innate lymphoid cells, monocytes, and dendritic cells during allergen-specific immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2021;147:1865-77.
- Bohle B, Kinaciyan T, Gerstmayr M, Radakovics A, Jahn-Schmid B, Ebner C. Sublingual immunotherapy induces IL-10-producing T regulatory cells, allergen-specific T-cell tolerance, and immune deviation. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:707-13.
- Heeringa JJ, McKenzie CI, Varese N, Hew M, Bakx A, Aui PM, et al. Induction of IgG(2) and IgG(4) B-cell memory following sublingual immunotherapy for ryegrass pollen allergy. *Allergy* 2020;75:1121-32.
- Couroux P, Ipsen H, Stage BS, Damkjaer JT, Steffensen MA, Salapatek AM, et al. A birch sublingual allergy immunotherapy tablet reduces rhinoconjunctivitis symptoms when exposed to birch and oak and induces IgG(4) to allergens from all trees in the birch homologous group. *Allergy* 2019;74:361-9.
- James C, Bernstein DI. Allergen immunotherapy: an updated review of safety. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2017;17:55-9.
- Sturm GJ, Varga EM, Roberts G, Mosbech H, Bilo MB, Akdis CA, et al. EAACI guidelines on allergen immunotherapy: Hymenoptera venom allergy. *Allergy* 2018;73:744-64.
- Golden DB, Demain J, Freeman T, Graft D, Tankersley M, Tracy J, et al. Stinging insect hypersensitivity: a practice parameter update 2016. *Ann*

- Allergy Asthma Immunol 2017;118:28-54.
26. Canonica GW, Cox L, Pawankar R, Baena-Cagnani CE, Blaiss M, Bonini S, et al. Sublingual immunotherapy: World Allergy Organization position paper 2013 update. *World Allergy Organ J* 2014;7:6.
  27. Malling HJ, Bousquet J. Subcutaneous immunotherapy for allergic rhinoconjunctivitis, allergic asthma, and prevention of allergic diseases. *Clin Allergy Immunol* 2008;21:343-58.
  28. Brozek JL, Bousquet J, Baena-Cagnani CE, Bonini S, Canonica GW, Casale TB, et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines: 2010 revision. *J Allergy Clin Immunol* 2010;126:466-76.
  29. Ariano R, Kroon AM, Augeri G, Canonica GW, Passalacqua G. Long-term treatment with allergoid immunotherapy with *Parietaria*. Clinical and immunologic effects in a randomized, controlled trial. *Allergy* 1999;54:313-9.
  30. Malling HJ, Stahl Skov P. Diagnosis and immunotherapy of mould allergy. VIII. Qualitative and quantitative estimation of IgE in *Cladosporium* immunotherapy. *Allergy* 1988;43:228-38.
  31. Alvarez-Cuesta E, Cuesta-Herranz J, Puyana-Ruiz J, Cuesta-Herranz C, Blanco-Quiros A. Monoclonal antibody-standardized cat extract immunotherapy: risk-benefit effects from a double-blind placebo study. *J Allergy Clin Immunol* 1994;93:556-66.
  32. Aas K. Hyposensitization in house dust allergy asthma. A double-blind controlled study with evaluation of the effect on bronchial sensitivity to house dust. *Acta Paediatr Scand* 1971;60:264-8.
  33. Roberts G, Pfaar O, Akdis CA, Ansotegui IJ, Durham SR, Gerth van Wijk R, et al. EAACI Guidelines on Allergen Immunotherapy: allergic rhinoconjunctivitis. *Allergy* 2018;73:765-98.
  34. Abramson MJ, Puy RM, Weiner JM. Injection allergen immunotherapy for asthma. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;(8):CD001186.
  35. Erekosima N, Suarez-Cuervo C, Ramanathan M, Kim JM, Chelladurai Y, Segal JB, et al. Effectiveness of subcutaneous immunotherapy for allergic rhinoconjunctivitis and asthma: a systematic review. *Laryngoscope* 2014;124:616-27.
  36. Lin SY, Erekosima N, Kim JM, Ramanathan M, Suarez-Cuervo C, Chelladurai Y, et al. Sublingual immunotherapy for the treatment of allergic rhinoconjunctivitis and asthma: a systematic review. *JAMA* 2013;309:1278-88.
  37. Mosbech H, Deckelmann R, de Blay F, Pastorello EA, Trebas-Pietras E, Andres LP, et al. Standardized quality (SQ) house dust mite sublingual immunotherapy tablet (ALK) reduces inhaled corticosteroid use while maintaining asthma control: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Allergy Clin Immunol* 2014;134:568-75.e7.
  38. de Blay F, Kuna P, Prieto L, Ginko T, Seitzberg D, Riis B, et al. SQ HDM SLIT-tablet (ALK) in treatment of asthma--post hoc results from a randomised trial. *Respir Med* 2014;108:1430-7.
  39. Passalacqua G, Guerra L, Compalati E, Canonica GW. The safety of allergen specific sublingual immunotherapy. *Curr Drug Saf* 2007;2:117-23.
  40. Penagos M, Passalacqua G, Compalati E, Baena-Cagnani CE, Orozco S, Pedroza A, et al. Metaanalysis of the efficacy of sublingual immunotherapy in the treatment of allergic asthma in pediatric patients, 3 to 18 years of age. *Chest* 2008;133:599-609.
  41. Khinchi MS, Poulsen LK, Carat F, Andre C, Hansen AB, Malling HJ. Clinical efficacy of sublingual and subcutaneous birch pollen allergen-specific immunotherapy: a randomized, placebo-controlled, double-blind, double-dummy study. *Allergy* 2004;59:45-53.
  42. Hansen KS, Khinchi MS, Skov PS, Bindslev-Jensen C, Poulsen LK, Malling HJ. Food allergy to apple and specific immunotherapy with birch pollen. *Mol Nutr Food Res* 2004;48:441-8.
  43. Kinaciyan T, Jahn-Schmid B, Radakovics A, Zwölfer B, Schreiber C, Francis JN, et al. Successful sublingual immunotherapy with birch pollen has limited effects on concomitant food allergy to apple and the immune response to the Bet v 1 homolog Mal d 1. *J Allergy Clin Immunol* 2007;119:937-43.
  44. Sampson HA, Aceves S, Bock SA, James J, Jones S, Lang D, et al. Food allergy: a practice parameter update-2014. *J Allergy Clin Immunol* 2014;134:1016-25.e43.
  45. Muraro A, Werfel T, Hoffmann-Sommergruber K, Roberts G, Beyer K, Bindslev-Jensen C, et al. EAACI food allergy and anaphylaxis guidelines: diagnosis and management of food allergy. *Allergy* 2014;69:1008-25.
  46. Skypala IJ, Hunter H, Krishna MT, Rey-Garcia H, Till SJ, du Toit G, et al. BSACI guideline for the diagnosis and management of pollen food syndrome in the UK. *Clin Exp Allergy* 2022;52:1018-34.
  47. Biedermann T, Kuna P, Panzner P, Valovirta E, Andersson M, de Blay F, et al. The SQ tree SLIT-tablet is highly effective and well tolerated: results from a randomized, double-blind, placebo-controlled phase III trial. *J Allergy Clin Immunol* 2019;143:1058-66.e6.
  48. Till SJ, Stage BS, Skypala I, Biedermann T. Potential treatment effect of the SQ tree SLIT-tablet on pollen food syndrome caused by apple. *Allergy* 2020;75:2059-61.
  49. Werfel T, Breuer K, Rueff F, Przybilla B, Worm M, Grewe M, et al. Usefulness of specific immunotherapy in patients with atopic dermatitis and allergic sensitization to house dust mites: a multi-centre, randomized, dose-response study. *Allergy* 2006;61:202-5.
  50. Nahm DH, Lee ES, Park HJ, Kim HA, Choi GS, Jeon SY. Treatment of atopic dermatitis with a combination of allergen-specific immunotherapy and a histamine-immunoglobulin complex. *Int Arch Allergy Immunol* 2008;146:235-40.
  51. Yepes-Nunez JJ, Guyatt GH, Gomez-Escobar LG, Perez-Herrera LC, Chu AWL, Ceccaci R, et al. Allergen immunotherapy for atopic dermatitis: systematic review and meta-analysis of benefits and harms. *J Allergy Clin Immunol* 2023;151:147-58.
  52. Bae JM, Choi YY, Park CO, Chung KY, Lee KH. Efficacy of allergen-specific immunotherapy for atopic dermatitis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Allergy Clin Immunol* 2013;132:110-7.
  53. Nurmatov U, Dhami S, Arasi S, Pajno GB, Fernandez-Rivas M, Muraro A, et al. Allergen immunotherapy for IgE-mediated food allergy: a systematic review and meta-analysis. *Allergy* 2017;72:1133-47.
  54. Pajno GB, Fernandez-Rivas M, Arasi S, Roberts G, Akdis CA, Alvaro-Lozano M, et al. EAACI Guidelines on allergen immunotherapy: IgE-mediated food allergy. *Allergy* 2018;73:799-815.
  55. Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update (in collaboration with the World Health Organization, GA(2)LEN and AllerGen). *Allergy* 2008;63 Suppl 86:8-160.
  56. Dhami S, Nurmatov U, Arasi S, Khan T, Asaria M, Zaman H, et al. Allergen immunotherapy for allergic rhinoconjunctivitis: a systematic review and meta-analysis. *Allergy* 2017;72:1597-631.
  57. Bousquet J, Lockey R, Malling HJ, Alvarez-Cuesta E, Canonica GW, Chapman MD, et al. Allergen immunotherapy: therapeutic vaccines for allergic diseases. World Health Organization. American academy of Allergy, Asthma and Immunology. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1998;81:401-5.
  58. Moote W, Kim H, Ellis AK. Allergen-specific immunotherapy. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2018;14(Suppl 2):53.
  59. Halken S, Larenas-Linnemann D, Roberts G, Calderon MA, Angier E, Pfaar O, et al. EAACI guidelines on allergen immunotherapy: prevention of allergy. *Pediatr Allergy Immunol* 2017;28:728-45.

60. Bachert C, Larche M, Bonini S, Canonica GW, Kundig T, Larenas-Linnemann D, et al. Allergen immunotherapy on the way to product-based evaluation—a WAO statement. *World Allergy Organ J* 2015;8:29.
61. Pfaar O, Bachert C, Bufe A, Buhl R, Ebner C, Eng P, et al. Guideline on allergen-specific immunotherapy in IgE-mediated allergic diseases: S2k Guideline of the German Society for Allergology and Clinical Immunology (DGAKI), the Society for Pediatric Allergy and Environmental Medicine (GPA), the Medical Association of German Allergologists (AeDA), the Austrian Society for Allergy and Immunology (OGAI), the Swiss Society for Allergy and Immunology (SGAI), the German Society of Dermatology (DDG), the German Society of Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery (DGHN-KHC), the German Society of Pediatrics and Adolescent Medicine (DGKJ), the Society for Pediatric Pneumology (GPP), the German Respiratory Society (DGP), the German Association of ENT Surgeons (BV-HNO), the Professional Federation of Paediatricians and Youth Doctors (BVKJ), the Federal Association of Pulmonologists (BDP) and the German Dermatologists Association (BVDD). *Allergo J Int* 2014;23:282-319.
62. Reisman RE, Mauriello PM, Davis GB, Georgitis JW, DeMasi JM. A double-blind study of the effectiveness of a high-efficiency particulate air (HEPA) filter in the treatment of patients with perennial allergic rhinitis and asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1990;85:1050-7.
63. Terreehorst I, Hak E, Oosting AJ, Tempels-Pavlica Z, de Monchy JG, Buijnzeel-Koomen CA, et al. Evaluation of impermeable covers for bedding in patients with allergic rhinitis. *N Engl J Med* 2003;349:237-46.
64. Jeon YH, Lee YJ, Sohn MH, Lee HR. Effects of vacuuming mattresses on allergic rhinitis symptoms in children. *Allergy Asthma Immunol Res* 2019;11:655-63.
65. Park KH, Sim DW, Lee SC, Moon S, Choe E, Shin H, et al. Effects of air purifiers on patients with allergic rhinitis: a multicenter, randomized, double-blind, and placebo-controlled study. *Yonsei Med J* 2020;61:689-97.
66. Stillerman A, Nachtsheim C, Li W, Albrecht M, Waldman J. Efficacy of a novel air filtration pillow for avoidance of perennial allergens in symptomatic adults. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2010;104:440-9.
67. Wood RA, Johnson EF, Van Natta ML, Chen PH, Eggleston PA. A placebo-controlled trial of a HEPA air cleaner in the treatment of cat allergy. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:115-20.
68. Bjornsdottir US, Jakobindottir S, Runarsdottir V, Juliusson S. The effect of reducing levels of cat allergen (Fel d 1) on clinical symptoms in patients with cat allergy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2003;91:189-94.
69. Gherasim A, Jacob A, Schoettel F, Domis N, de Blay F. Efficacy of air cleaners in asthmatics allergic to cat in ALYATEC((R)) environmental exposure chamber. *Clin Exp Allergy* 2020;50:160-9.
70. Muller UR, Johansen N, Petersen AB, Fromberg-Nielsen J, Haeberli G. Hymenoptera venom allergy: analysis of double positivity to honey bee and *Vespula* venom by estimation of IgE antibodies to species-specific major allergens Api m1 and Ves v5. *Allergy* 2009;64:543-8.
71. Canonica GW, Bousquet J, Casale T, Lockey RF, Baena-Cagnani CE, Pawankar R, et al. Sub-lingual immunotherapy: World Allergy Organization Position Paper 2009. *Allergy* 2009;64 Suppl 91:1-59.
72. Wilson DR, Lima MT, Durham SR. Sublingual immunotherapy for allergic rhinitis: systematic review and meta-analysis. *Allergy* 2005;60:4-12.
73. Cox L, Nelson H, Lockey R, Calabria C, Chacko T, Finegold I, et al. Allergen immunotherapy: a practice parameter third update. *J Allergy Clin Immunol* 2011;127(1 Suppl):S1-55.
74. Oykman P, Kim HL, Ellis AK. Allergen immunotherapy in pregnancy. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2015;11:31.
75. Henmar H, Lund G, Lund L, Petersen A, Wurtzen PA. Allergenicity, immunogenicity and dose-relationship of three intact allergen vaccines and four allergoid vaccines for subcutaneous grass pollen immunotherapy. *Clin Exp Immunol* 2008;153:316-23.
76. Park HS, Nahm DH, Chae BW. Allergen standardization of *Dermatophagoides farinae* (*D. farinae*) extracts. *Korean J Allergy* 1996;16:19-25.
77. Frew AJ, Powell RJ, Corrigan CJ, Durham SR; UK Immunotherapy Study Group. Efficacy and safety of specific immunotherapy with SQ allergen extract in treatment-resistant seasonal allergic rhinoconjunctivitis. *J Allergy Clin Immunol* 2006;117:319-25.
78. Ewan PW, Alexander MM, Snape C, Ind PW, Agrell B, Dreborg S. Effective hyposensitization in allergic rhinitis using a potent partially purified extract of house dust mite. *Clin Allergy* 1988;18:501-8.
79. Haugaard L, Dahl R, Jacobsen L. A controlled dose-response study of immunotherapy with standardized, partially purified extract of house dust mite: clinical efficacy and side effects. *J Allergy Clin Immunol* 1993;91:709-22.
80. Olsen OT, Larsen KR, Jacobsen L, Svendsen UG. A 1-year, placebo-controlled, double-blind house-dust-mite immunotherapy study in asthmatic adults. *Allergy* 1997;52:853-9.
81. Van Metre TE, Adkinson NF, Jr, Amodio FJ, Lichtenstein LM, Mardiney MR, Norman PS, et al. A comparative study of the effectiveness of the Rinkel method and the current standard method of immunotherapy for ragweed pollen hay fever. *J Allergy Clin Immunol* 1980;66:500-13.
82. Creticos PS, Adkinson NF, Jr, Kagey-Sobotka A, Proud D, Meier HL, Naclerio RM, et al. Nasal challenge with ragweed pollen in hay fever patients. Effect of immunotherapy. *J Clin Invest* 1985;76:2247-53.
83. Creticos PS, Marsh DG, Proud D, Kagey-Sobotka A, Adkinson NF, Jr, Friedhoff L, et al. Responses to ragweed-pollen nasal challenge before and after immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 1989;84:197-205.
84. Furin MJ, Norman PS, Creticos PS, Proud D, Kagey-Sobotka A, Lichtenstein LM, et al. Immunotherapy decreases antigen-induced eosinophil cell migration into the nasal cavity. *J Allergy Clin Immunol* 1991;88:27-32.
85. Varney VA, Gaga M, Frew AJ, Aber VR, Kay AB, Durham SR. Usefulness of immunotherapy in patients with severe summer hay fever uncontrolled by antiallergic drugs. *BMJ* 1991;302:265-9.
86. Dolz I, Martinez-Cocera C, Bartolome JM, Cimarra M. A double-blind, placebo-controlled study of immunotherapy with grass-pollen extract Alutard SQ during a 3-year period with initial rush immunotherapy. *Allergy* 1996;51:489-500.
87. Walker SM, Pajno GB, Lima MT, Wilson DR, Durham SR. Grass pollen immunotherapy for seasonal rhinitis and asthma: a randomized, controlled trial. *J Allergy Clin Immunol* 2001;107:87-93.
88. Bodtger U, Poulsen LK, Jacobi HH, Malling HJ. The safety and efficacy of subcutaneous birch pollen immunotherapy - a one-year, randomised, double-blind, placebo-controlled study. *Allergy* 2002;57:297-305.
89. Hedlin G, Graff-Lonnevig V, Heilborn H, Lilja G, Norrind K, Pegelow K, et al. Immunotherapy with cat- and dog-dander extracts. V. Effects of 3 years of treatment. *J Allergy Clin Immunol* 1991;87:955-64.
90. Varney VA, Edwards J, Tabbah K, Brewster H, Mavroleon G, Frew AJ. Clinical efficacy of specific immunotherapy to cat dander: a double-blind placebo-controlled trial. *Clin Exp Allergy* 1997;27:860-7.
91. Ewbank PA, Murray J, Sanders K, Curran-Everett D, Dreskin S, Nelson HS. A double-blind, placebo-controlled immunotherapy dose-response study with standardized cat extract. *J Allergy Clin Immunol* 2003;111:155-61.
92. Nanda A, O'Connor M, Anand M, Dreskin SC, Zhang L, Hines B, et al. Dose dependence and time course of the immunologic response to administration of standardized cat allergen extract. *J Allergy Clin Immunol* 2004;114:1339-44.

93. Lent AM, Harbeck R, Strand M, Sills M, Schmidt K, Efaw B, et al. Immunologic response to administration of standardized dog allergen extract at differing doses. *J Allergy Clin Immunol* 2006;118:1249-56.
94. Horst M, Hejjaoui A, Horst V, Michel FB, Bousquet J. Double-blind, placebo-controlled rush immunotherapy with a standardized *Alternaria* extract. *J Allergy Clin Immunol* 1990;85:460-72.
95. Kuna P, Kaczmarek J, Kupczyk M. Efficacy and safety of immunotherapy for allergies to *Alternaria alternata* in children. *J Allergy Clin Immunol* 2011;127:502-8 e1-6.
96. Abramson MJ, Puy RM, Weiner JM. Allergen immunotherapy for asthma. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(2):CD001186.
97. Agache I, Lau S, Akdis CA, Smolinska S, Bonini M, Cavkaytar O, et al. EAAACI Guidelines on Allergen Immunotherapy: house dust mite-driven allergic asthma. *Allergy* 2019;74:855-73.
98. Aalberse RC, Acevedo N, Aglas L, Altmann F, Arruda KL, Asero R, et al. Molecular allergology user's guide 2.0. Zurich (Swiss): The European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI); 2022.
99. Arshad SH, Tariq SM, Matthews S, Hakim E. Sensitization to common allergens and its association with allergic disorders at age 4 years: a whole population birth cohort study. *Pediatrics* 2001;108:E33.
100. Bousquet PJ, Castelli C, Daures JP, Heinrich J, Hooper R, Sunyer J, et al. Assessment of allergen sensitization in a general population-based survey (European Community Respiratory Health Survey I). *Ann Epidemiol* 2010;20:797-803.
101. Calderon MA, Cox L, Casale TB, Moingeon P, Demoly P. Multiple-allergen and single-allergen immunotherapy strategies in polysensitized patients: looking at the published evidence. *J Allergy Clin Immunol* 2012;129:929-34.
102. Ciprandi G, Alesina R, Ariano R, Aurnia P, Borrelli P, Cadario G, et al. Characteristics of patients with allergic polysensitization: the POLIS-MAIL study. *Eur Ann Allergy Clin Immunol* 2008;40:77-83.
103. Demoly P, Passalacqua G, Pfaar O, Sastre J, Wahn U. Management of the polyallergic patient with allergy immunotherapy: a practice-based approach. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2016;12:2.
104. Kim YJ, Lee MY, Yang AR, Sol IS, Kwak JH, Jung HL, et al. Trends of Sensitization to Inhalant Allergens in Korean Children Over the Last 10 Years. *Yonsei Med J* 2020;61:797-804.
105. Kim HY, Shin YH, Han MY. Determinants of sensitization to allergen in infants and young children. *Korean J Pediatr* 2014;57:205-10.
106. Hur GY, Kim TB, Han MY, Nahm DH, Park JW; Allergen and Immunotherapy Work Group of the Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology (KAAACI). A survey of the prescription patterns of allergen immunotherapy in Korea. *Allergy Asthma Immunol Res* 2013;5:277-82.
107. Burbach GJ, Heinzerling LM, Edenharter G, Bachert C, Bindslev-Jensen C, Bonini S, et al. GA(2)LEN skin test study II: clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. *Allergy* 2009;64:1507-15.
108. Mahler V, Esch RE, Kleine-Tebbe J, Lavery WJ, Plunkett G, Vieths S, et al. Understanding differences in allergen immunotherapy products and practices in North America and Europe. *J Allergy Clin Immunol* 2019;143:813-28.
109. Kim TB, Kim KM, Kim SH, Kang HR, Chang YS, CW Kim, et al. Sensitization rates for inhalant allergens in Korea: a multicenter study. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2007;23:283-93.
110. Adkinson NF Jr, Eggleston PA, Eney D, Goldstein EO, Schubert KC, Bacon JR, et al. A controlled trial of immunotherapy for asthma in allergic children. *N Engl J Med* 1997;336:324-31.
111. Yang MS, Lee SP, Kwon YJ, Lee SM. Dog and cat allergies and allergen avoidance measures in Korean adult pet owners who participated in a pet exhibition. *Allergy Asthma Immunol Res* 2018;10:155-64.
112. Kang SY, Yang MS, Park SY, Kim JH, Won HK, Kwon OY, et al. The role of allergen-specific IgE in predicting allergic symptoms on dog and cat exposure among Korean pet exhibition participants. *World Allergy Organ J* 2020;13:100488.
113. Twaroch TE, Curin M, Valenta R, Swoboda I. Mold allergens in respiratory allergy: from structure to therapy. *Allergy Asthma Immunol Res* 2015;7:205-20.
114. Kordash TR, Amend MJ, Williamson SL, Jones JK, Plunkett GA. Effect of mixing allergenic extracts containing *Helminthosporium*, *D. farinae*, and cockroach with perennial ryegrass. *Ann Allergy* 1993;71:240-6.
115. Lee YW, Choi SY, Lee EK, Sohn JH, Park JW, Hong CS. Cross-allergenicity of pollens from the Compositae family: *Artemisia vulgaris*, *Dendranthema grandiflorum*, and *Taraxacum officinale*. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2007;99:526-33.
116. Leavengood DC, Renard RL, Martin BG, Nelson HS. Cross allergenicity among grasses determined by tissue threshold changes. *J Allergy Clin Immunol* 1985;76:789-94.
117. Nelson HS, Ikke D, Buchmeier A. Studies of allergen extract stability: the effects of dilution and mixing. *J Allergy Clin Immunol* 1996;98:382-8.
118. Grier TJ, LeFevre DM, Duncan EA, Esch RE. Stability of standardized grass, dust mite, cat, and short ragweed allergens after mixing with mold or cockroach extracts. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2007;99:151-60.
119. Anderson MC, Baer H. Antigenic and allergenic changes during storage of a pollen extract. *J Allergy Clin Immunol* 1982;69:3-10.
120. Sridhara S, Singh BP, Arora N, Verma J, Gangal SV. A study on antigenic and allergenic changes during storage in three different biological extracts. *Asian Pac J Allergy Immunol* 1992;10:33-8.
121. Alvarez-Cuesta E, Bousquet J, Canonica GW, Durham SR, Malling HJ, Valovirta E. Standards for practical allergen-specific immunotherapy. *Allergy* 2006;61 Suppl 82:1-20.
122. Allergen immunotherapy: a practice parameter second update. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:S25-85.
123. Tabar AI, Muro MD, García BE, Alvarez MJ, Acero S, Rico P, et al. Dermatophagoides pteronyssinus cluster immunotherapy. A controlled trial of safety and clinical efficacy. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1999;9:155-64.
124. Casanovas M, Martín R, Jiménez C, Caballero R, Fernández-Caldas E. Safety of an ultra-rush immunotherapy build-up schedule with therapeutic vaccines containing depigmented and polymerized allergen extracts. *Int Arch Allergy Immunol* 2006;139:153-8.
125. Harvey SM, Laurie S, Hilton K, Khan DA. Safety of rush immunotherapy to multiple aeroallergens in an adult population. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2004;92:414-9.
126. Kim ME, Kim JE, Sung JM, Lee JW, Choi GS, Nahm DH. Safety of accelerated schedules of subcutaneous allergen immunotherapy with house dust mite extract in patients with atopic dermatitis. *J Korean Med Sci* 2011;26:1159-64.
127. Lee SH, Kim ME, Shin YS, Ye YM, Park HS, Nahm DH. Safety of ultra-rush schedule of subcutaneous allergen immunotherapy with house dust mite extract conducted in an outpatient clinic in patients with atopic dermatitis and allergic rhinitis. *Allergy Asthma Immunol Res* 2019;11:846-55.
128. Nielsen L, Johnsen CR, Mosbech H, Poulsen LK, Malling HJ. Antihistamine premedication in specific cluster immunotherapy: a double-blind, placebo-controlled study. *J Allergy Clin Immunol* 1996;97:1207-13.
129. Wang L, Wang C, Lou H, Zhang L. Antihistamine premedication improves safety and efficacy of allergen immunotherapy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2021;127:363-71.e1.

130. Brockow K, Kiehn M, Riethmüller C, Vieluf D, Berger J, Ring J. Efficacy of antihistamine pretreatment in the prevention of adverse reactions to Hymenoptera immunotherapy: a prospective, randomized, placebo-controlled trial. *J Allergy Clin Immunol* 1997;100:458-63.
131. Tabar AI, Echechipía S, García BE, Olaguibel JM, Lizaso MT, Gómez B, et al. Double-blind comparative study of cluster and conventional immunotherapy schedules with Dermatophagoides pteronyssinus. *J Allergy Clin Immunol* 2005;116:109-18.
132. Temiño VM, Wu P, König J, Fahrenholz JM. Safety of multiple aeroallergen rush immunotherapy using a modified schedule. *Allergy Asthma Proc* 2013;34:255-60.
133. Rieker-Schwienbacher J, Nell MJ, Diamant Z, van Ree R, Distler A, Boot JD, et al. Open-label parallel dose tolerability study of three subcutaneous immunotherapy regimens in house dust mite allergic patients. *Clin Transl Allergy* 2013;3:16.
134. Kim JT, Kim H, Kim SH, Kim DJ, Shin Y, Kim JD, et al. Comparison of allergenic properties among commercially available house dust mite allergen extracts in Korea. *Yonsei Med J* 2021;62:86-90.
135. Amin HS, Liss GM, Bernstein DI. Evaluation of near-fatal reactions to allergen immunotherapy injections. *J Allergy Clin Immunol* 2006;117:169-75.
136. Tankersley MS, Butler KK, Butler WK, Goetz DW. Local reactions during allergen immunotherapy do not require dose adjustment. *J Allergy Clin Immunol* 2000;106:840-3.
137. Roy SR, Sigmon JR, Olivier J, Moffitt JE, Brown DA, Marshall GD. Increased frequency of large local reactions among systemic reactors during subcutaneous allergen immunotherapy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2007;99:82-6.
138. Malling HJ. Minimising the risks of allergen-specific injection immunotherapy. *Drug Saf* 2000;23:323-32.
139. Lockey RF, Nicoara-Kasti GL, Theodoropoulos DS, Bukantz SC. Systemic reactions and fatalities associated with allergen immunotherapy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2001;87:47-55.
140. Bernstein DI, Wanner M, Borish L, Liss GM; Immunotherapy Committee, American Academy of Allergy, Asthma and Immunology. Twelve-year survey of fatal reactions to allergen injections and skin testing: 1990-2001. *J Allergy Clin Immunol* 2004;113:1129-36.
141. Lang DM, Alpern MB, Visintainer PF, Smith ST. Elevated risk of anaphylactoid reaction from radiographic contrast media is associated with both beta-blocker exposure and cardiovascular disorders. *Arch Intern Med* 1993;153:2033-40.
142. Muller UR, Haeberli G. Use of beta-blockers during immunotherapy for Hymenoptera venom allergy. *J Allergy Clin Immunol* 2005;115:606-10.
143. Joint Task Force on Practice Parameters; American Academy of Allergy, Asthma and Immunology; American College of Allergy, Asthma and Immunology; Joint Council of Allergy, Asthma and Immunology. Allergen immunotherapy: a practice parameter second update. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120(3 Suppl):S25-85.
144. Cox L, Larenas-Linnemann D, Lockey RF, Passalacqua G. Speaking the same language: the World Allergy Organization Subcutaneous Immunotherapy Systemic Reaction Grading System. *J Allergy Clin Immunol* 2010;125:569-74, 574.e1-574.e7.
145. Pumphrey RS. Lessons for management of anaphylaxis from a study of fatal reactions. *Clin Exp Allergy* 2000;30:1144-50.
146. Joint Task Force on Practice Parameters; American Academy of Allergy, Asthma and Immunology; American College of Allergy, Asthma and Immunology; Joint Council of Allergy, Asthma and Immunology. The diagnosis and management of anaphylaxis: an updated practice parameter. *J Allergy Clin Immunol* 2005;115(3 Suppl 2):S483-523.
147. Bousquet J, Schünemann HJ, Togias A, Bachert C, Erhola M, Hellings PW, et al. Next-generation Allergic Rhinitis and Its Impact on Asthma (ARIA) guidelines for allergic rhinitis based on Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) and real-world evidence. *J Allergy Clin Immunol* 2020;145:70-80.e3.
148. Bousquet PJ, Combesure C, Klossek JM, Daures JP, Bousquet J. Change in visual analog scale score in a pragmatic randomized cluster trial of allergic rhinitis. *J Allergy Clin Immunol* 2009;123:1349-54.
149. Corrigan CJ, Kettner J, Doerner C, Cromwell O, Narkus A, Study G. Efficacy and safety of preseasonal-specific immunotherapy with an aluminium-adsorbed six-grass pollen allergoid. *Allergy* 2005;60:801-7.
150. Moller C, Dreborg S, Ferdousi HA, Halcken S, Host A, Jacobsen L, et al. Pollen immunotherapy reduces the development of asthma in children with seasonal rhinoconjunctivitis (the PAT-study). *J Allergy Clin Immunol* 2002;109:251-6.
151. Pfaar O, Demoly P, Gerth van Wijk R, Bonini S, Bousquet J, Canonica GW, et al. Recommendations for the standardization of clinical outcomes used in allergen immunotherapy trials for allergic rhinoconjunctivitis: an EAACI Position Paper. *Allergy* 2014;69:854-67.
152. Shamji MH, Kappen JH, Akdis M, Jensen-Jarolim E, Knol EF, Kleine-Tebbe J, et al. Biomarkers for monitoring clinical efficacy of allergen immunotherapy for allergic rhinoconjunctivitis and allergic asthma: an EAACI Position Paper. *Allergy* 2017;72:1156-73.
153. Di Lorenzo G, Mansueto P, Pacor ML, Rizzo M, Castello F, Martinelli N, et al. Evaluation of serum s-IgE/total IgE ratio in predicting clinical response to allergen-specific immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2009;123:1103-10, 1110.e1-4.
154. Li Q, Li M, Yue W, Zhou J, Li R, Lin J, et al. Predictive factors for clinical response to allergy immunotherapy in children with asthma and rhinitis. *Int Arch Allergy Immunol* 2014;164:210-7.
155. Reisinger J, Horak F, Pauli G, van Hage M, Cromwell O, König F, et al. Allergen-specific nasal IgG antibodies induced by vaccination with genetically modified allergens are associated with reduced nasal allergen sensitivity. *J Allergy Clin Immunol* 2005;116:347-54.
156. Lima MT, Wilson D, Pitkin L, Roberts A, Nouri-Aria K, Jacobson M, et al. Grass pollen sublingual immunotherapy for seasonal rhinoconjunctivitis: a randomized controlled trial. *Clin Exp Allergy* 2002;32:507-14.
157. Bousquet J, Calvayrac P, Guerin B, Hejjaoui A, Dhivert H, Hewitt B, et al. Immunotherapy with a standardized Dermatophagoides pteronyssinus extract. I. In vivo and in vitro parameters after a short course of treatment. *J Allergy Clin Immunol* 1985;76:734-44.
158. Francis JN, James LK, Paraskevopoulos G, Wong C, Calderon MA, Durham SR, et al. Grass pollen immunotherapy: IL-10 induction and suppression of late responses precedes IgG4 inhibitory antibody activity. *J Allergy Clin Immunol* 2008;121:1120-5.e2.
159. Des Roches A, Paradis L, Knani J, Hejjaoui A, Dhivert H, Chanez P, et al. Immunotherapy with a standardized Dermatophagoides pteronyssinus extract. V. Duration of the efficacy of immunotherapy after its cessation. *Allergy* 1996;51:430-3.
160. Bousquet J, Hejjaoui A, Soussana M, Michel FB. Double-blind, placebo-controlled immunotherapy with mixed grass-pollen allergoids. IV. Comparison of the safety and efficacy of two dosages of a high-molecular-weight allergoid. *J Allergy Clin Immunol* 1990;85:490-7.
161. Kim JK, Kang SI, Kim DW. Development of airway allergic diseases and immunotherapy in children. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2019;62:261-9.
162. Rosenstreich DL, Eggleston P, Kattan M, Baker D, Slavin RG, Gergen P, et al. The role of cockroach allergy and exposure to cockroach allergen

- in causing morbidity among inner-city children with asthma. *N Engl J Med* 1997;336:1356-63.
163. Alvaro-Lozano M, Akdis CA, Akdis M, Alviani C, Angier E, Arasi S, et al. EAACI Allergen Immunotherapy User's Guide. *Pediatr Allergy Immunol* 2020;31 Suppl 25(Suppl 25):1-101.
  164. Pfaar O, Bousquet J, Durham SR, Kleine-Tebbe J, Larche M, Roberts G, et al. One hundred and ten years of Allergen Immunotherapy: a journey from empiric observation to evidence. *Allergy* 2022;77:454-68.
  165. Yu N, Luo H, Liang D, Lu N. Sublingual immunotherapy in mite-sensitized patients with atopic dermatitis: a randomized controlled study. *Postepy Dermatol Alergol* 2021;38:69-74.
  166. Kristiansen M, Dhimi S, Netuveli G, Halken S, Muraro A, Roberts G, et al. Allergen immunotherapy for the prevention of allergy: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Allergy Immunol* 2017;28:18-29.
  167. Davila I, Dominguez-Ortega J, Navarro-Pulido A, Alonso A, Antolin-Amerigo D, Gonzalez-Mancebo E, et al. Consensus document on dog and cat allergy. *Allergy* 2018;73:1206-22.
  168. Larenas-Linnemann D, Baxi S, Phipatanakul W, Portnoy JM; Environmental Allergens Workgroup. Clinical evaluation and management of patients with suspected fungus sensitivity. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2016;4:405-14.
  169. Portnoy J, Chew GL, Phipatanakul W, Williams PB, Grimes C, Kennedy K, et al. Environmental assessment and exposure reduction of cockroaches: a practice parameter. *J Allergy Clin Immunol* 2013;132:802-8.e1-25.
  170. Wahn U, Tabar A, Kuna P, Halken S, Montagut A, de Beaumont O, et al. Efficacy and safety of 5-grass-pollen sublingual immunotherapy tablets in pediatric allergic rhinoconjunctivitis. *J Allergy Clin Immunol* 2009;123:160-6.e3.
  171. Bufe A, Eberle P, Franke-Beckmann E, Funck J, Kimmig M, Klimek L, et al. Safety and efficacy in children of an SQ-standardized grass allergen tablet for sublingual immunotherapy. *J Allergy Clin Immunol* 2009;123:167-73.e7.
  172. Rienzo VD, Minelli M, Musarra A, Sambugaro R, Pecora S, Canonica WG, et al. Post-marketing survey on the safety of sublingual immunotherapy in children below the age of 5 years. *Clin Exp Allergy* 2005;35:560-4.
  173. Fiocchi A, Pajno G, La Grutta S, Pezzuto F, Incorvaia C, Sensi L, et al. Safety of sublingual-swallow immunotherapy in children aged 3 to 7 years. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2005;95:254-8.
  174. Agostinis F, Tellarini L, Canonica GW, Falagiani P, Passalacqua G. Safety of sublingual immunotherapy with a monomeric allergoid in very young children. *Allergy* 2005;60:133.
  175. Shao J, Cui YX, Zheng YF, Peng HF, Zheng ZL, Chen JY, et al. Efficacy and safety of sublingual immunotherapy in children aged 3-13 years with allergic rhinitis. *Am J Rhinol Allergy* 2014;28:131-9.
  176. Pajno GB, Caminiti L, Crisafulli G, Barberi S, Landi M, Aversa T, et al. Adherence to sublingual immunotherapy in preschool children. *Pediatr Allergy Immunol* 2012;23:688-9.
  177. Karakoc-Aydiner E, Eifan AO, Baris S, Gunay E, Akturk E, Akkoc T, et al. Long-Term effect of sublingual and subcutaneous immunotherapy in dust mite-allergic children with asthma/rhinitis: a 3-year prospective randomized controlled trial. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2015;25:334-42.
  178. Eifan AO, Akkoc T, Yildiz A, Keles S, Ozdemir C, Bahceciler NN, et al. Clinical efficacy and immunological mechanisms of sublingual and subcutaneous immunotherapy in asthmatic/rhinitis children sensitized to house dust mite: an open randomized controlled trial. *Clin Exp Allergy* 2010;40:922-32.
  179. Yukselen A, Kendirli SG, Yilmaz M, Altintas DU, Karakoc GB. Effect of one-year subcutaneous and sublingual immunotherapy on clinical and laboratory parameters in children with rhinitis and asthma: a randomized, placebo-controlled, double-blind, double-dummy study. *Int Arch Allergy Immunol* 2012;157:288-98.
  180. Keles S, Karakoc-Aydiner E, Ozen A, Izgi AG, Tevetoglu A, Akkoc T, et al. A novel approach in allergen-specific immunotherapy: combination of sublingual and subcutaneous routes. *J Allergy Clin Immunol* 2011;128:808-15.e7.
  181. Dhimi S, Kakourou A, Asamoah F, Agache I, Lau S, Jutel M, et al. Allergen immunotherapy for allergic asthma: a systematic review and meta-analysis. *Allergy* 2017;72:1825-48.
  182. Pajno GB, Bernardini R, Peroni D, Arasi S, Martelli A, Landi M, et al. Clinical practice recommendations for allergen-specific immunotherapy in children: the Italian consensus report. *Ital J Pediatr* 2017;43:13.
  183. Calderon MA, Gerth van Wijk R, Eichler I, Matricardi PM, Varga EM, Kopp MV, et al. Perspectives on allergen-specific immunotherapy in childhood: an EAACI position statement. *Pediatr Allergy Immunol* 2012;23:300-6.
  184. Arasi S, Passalacqua G, Caminiti L, Crisafulli G, Fiamingo C, Pajno GB. Efficacy and safety of sublingual immunotherapy in children. *Expert Rev Clin Immunol* 2016;12:49-56.