

Review



## 면역글로불린 치료를 받은 가와사키병 소아의 예방접종#

이수영<sup>1,2</sup>, 정대철<sup>1,2</sup>, 강진한<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 소아과학교실, <sup>2</sup>가톨릭대학교 의과대학 백신바이오연구소

## Vaccination after Intravenous Immunoglobulin Treatment in Children with Kawasaki Disease

Soo-Young Lee<sup>1,2</sup>, Dae Chul Jeong<sup>1,2</sup>, Jin Han Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatrics, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

<sup>2</sup>The Vaccine Bio Research Institute, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Received: Dec 1, 2024  
Accepted: Dec 10, 2024

**\*Corresponding author**

Jin Han Kang  
The Vaccine Bio Research Institute,  
College of Medicine, The Catholic  
University of Korea, 222, Banpodae-ro,  
Seocho-gu, Seoul, Korea  
E-mail: kjhan@catholic.ac.kr

#This study was presented at the 9th  
Korean Society of Kawasaki Disease  
(KSKD) Symposium and the Journal of  
Pediatric Clinical Immunology.

Copyright © 2024 Korean Society of  
Kawasaki Disease. This is an Open  
Access article distributed under the  
terms of the Creative Commons  
Attribution Non-Commercial License  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted  
non-commercial use, distribution, and  
reproduction in any medium, provided  
the original work is properly cited.

**ORCID**

Soo-Young Lee  
<https://orcid.org/0000-0002-5354-3135>  
Dae Chul Jeong  
<https://orcid.org/0000-0003-0934-817X>  
Jin Han Kang  
<https://orcid.org/0000-0003-1610-6742>

**Conflict of Interest**

No potential conflict of interest relevant  
to this article was reported.

**Funding**

No funding source relevant to this  
article was reported.

**Acknowledgements**

Not applicable.

### Abstract

Children with Kawasaki disease (KD) receive intravenous immunoglobulin (IVIG) for treatment. IVIG is a polyclonal immunoglobulin purified from plasma of blood donors. There are concerns that these passively acquired antibodies may interfere with the immune response to vaccination. In this study, the authors describe the basic principles of vaccination after IVIG treatment in children with KD. The *in vivo* half-life of IVIG depends on the type, dose, and administration method of IVIG, as well as the age, gender, and race of the host. IVIG does not interfere with immunogenicity of inactivated vaccines but does interfere with live attenuated vaccines (LAV). Therefore, in Korea, it is recommended to receive measles or varicella vaccine 11 months after high-dose IVIG treatment. However, in Japan and some European countries, a shorter interval between IVIG treatment and LAV vaccination is recommended. Because the manufacturers and race affect the immune responses and half-life of IVIG, clinical trials targeting Korean KD patients are needed.

**Keywords:** Immunoglobulins, Intravenous; Kawasaki Disease; Vaccination; Child

### 서론

가와사키병(Kawasaki Disease, KD)은 우리나라 소아에서 발생하는 가장 흔한 전신 혈관염(systemic vasculitis)이다[1]. 정맥주사 면역글로불린(intravenous immunoglobulin, IVIG)을 KD 치료에 적용하면서 관상동맥 이상(coronary artery abnormalities, CAAs)을 포함한 심장 합병증의 빈도가 현저하게 감소하였다[2-4]. IVIG는 상대적으로 안전한 치료 약제이지만, 치료받은 환자의 생체 내 일정 기간 동안 그 농도가 유지되어 추후 시행하는 예방접종에 영향을 줄 수 있다[5,6]. KD 환자를 진료하는 임상 의사는 입원기간 동안 적절한 치료방법을 제공하고, 퇴원 후 추적기간 동안 심장 합병증 평가와 함께 올바른 예방접종 방법을 보호자에게 안내할 수 있어야 한다.

소아 및 청소년에게 예방접종을 시행할 때, 과거에 환자가 치료받은 약제의 종류, 용량, 투여 방법, 반감기, 화학적 특성 등 약리학적 특징을 고려해야 한다[7,8]. 다른 치료약제들과 마찬가지로,

**Authors' Contributions**

Conceptualization: Lee SY.  
 Data curation: Kang JH.  
 Formal analysis: Lee SY.  
 Methodology: Jeong DC.  
 Software: Lee SY.  
 Validation: Jeong DC.  
 Investigation: Jeong DC, Kang JH.  
 Writing - original draft: Lee SY.  
 Writing - review & editing: Lee SY, Jeong DC, Kang JH.

**Ethics Approval**

Not applicable.

IVIG 치료를 받은 KD 소아에게 올바른 예방접종을 안내하려면 IVIG의 특성과 IVIG 치료 후 예방접종에 대한 이해가 필요하다[9,10]. 본 연구에서 저자들은 국내외 가이드라인과 관련 연구들을 검토하여 IVIG 치료를 받은 KD 소아 예방접종의 기본 원리와 실제 적용방법을 제시하고자 한다.

**본론**

**1. IVIG의 특성**

**1) 작용기전, 적응증 및 제품기준**

IVIG의 주요한 작용기전은 항체의 용량과 기저 질환의 병리기전에 따라 결정된다[11,12]. 주요한 4가지 기전에는 (1) 항원 결합 분질(fragment antigen-binding, Fab)의 가변 영역에 의해 매개되는 작용; (2) 결정화 가능 분질(fragment crystallizable, Fc)의 작용; (3) Fc 내의 보체(complement) 결합에 의해 매개되는 작용 및 (4) IVIG 제제 내의 항체 외의 면역조절 물질에 의한 작용이 포함된다[7]. 이러한 IVIG의 작용을 근거로, 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)은 KD를 포함한 다수의 질병 치료에 IVIG의 사용을 승인하였다[13]. 실제 임상에서는 FDA와 같은 기관의 승인 없이(off-label) 다양한 질병 치료에 IVIG를 활용하고 있다(Table 1)[6,14-16].

IVIG의 제조 공정이나 제조 회사에 따라 핵심적인 면역학적 효과가 정성적, 정량적으로 차이를 보일 수 있기 때문에, 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 IVIG에 대한 5가지 제품기준을 제시하였다[8]: (1) IVIG의 각 로트(lot)는 최소 1,000명 이상의 공여자로부터 수집된 혈장에서 추출되어야 한다. (2) IVIG에는 면역글로불린 G (immunoglobulin G, IgG)가 최소 90% 이상 포함되어야 한다. (3) IgG 분자는 보체 고정(fixation)과 같은 생물학적

**Table 1. Clinical use of IVIG: US FDA-approved and off-label treatments [6,14-16]**

<b>US FDA-approved</b>
Primary immunodeficiency disorders such as CVID, XLA, and WAS Kawasaki disease Immune thrombocytopenic purpura B-cell chronic lymphocytic leukemia Chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy (CIDP) Multifocal motor neuropathy (MMN) Bone marrow transplantation HIV infection
<b>Neurology</b>
Guillain Barre syndrome, myasthenia gravis, Lennox gastaut seizure, Landau kleffner seizure, opsoclonus myoclonus ataxia, PANDAS
<b>Hematology</b>
Pure red cell aplasia, pure white cell aplasia, immune neutropenia, hemolytic anemia
<b>Neonatology</b>
Hemolytic disease of newborn due to Rh and ABO incompatibility, neonatal alloimmune thrombocytopenic purpura, bacterial sepsis in preterm
<b>Others</b>
Myocarditis, systemic lupus erythematosus, dermatomyositis, autoimmune uveitis, streptococcal toxic shock syndrome, toxic epidermal necrolysis, immune urticaria, atopic dermatitis, pyoderma gangrenosum

IVIG: intravenous immunoglobulin; FDA: Food and Drug Administration; CVID: common variable immunodeficiency; XLA: X-Linked agammaglobulinemia; WAS: Wiskott-Aldrich syndrome; HIV: human immunodeficiency virus; PANDAS: Pediatric autoimmune neuropsychiatric disorders associated with streptococcal infection.

활성을 보유해야 한다. (4) IVIG에는 프리칼리크레인(prekallikrein) 활성화 물질, 혈장 프로테아제(proteases) 및 방부제 같은 오염 물질이 포함되지 않아야 한다. (5) IVIG에는 감염원이 포함되지 않아야 한다. 따라서 모든 혈액 제제 공여자는 B형과 C형 간염, 매독, 후천면역결핍증(acquired immune deficiency syndrome, AIDS)에 대한 선별검사를 받아야 한다.

## 2) 생체 내 유지기간

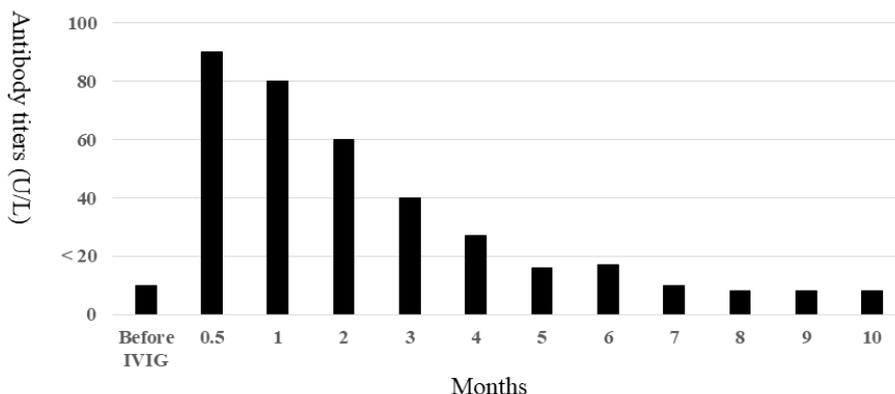
모체에서 태아에 생리적으로 전달된 항체는 그 종류와 용량에 따라서 생체 내 유지기간이 다를 수 있으며, 최대 12-18개월까지 검출될 수 있다[17,18]. 하지만, 인위적인 수동 면역(passive immunization) 과정에서 투여된 항체의 검출기간은 상대적으로 짧다[15]. Table 2에는 면역 글로불린이나 수혈 치료 후 홍역이나 수두를 포함하는 백신의 추천되는 접종간격을 나타냈다 [9,10]. 치료에 적용된 면역글로불린의 종류와 용량에 따라 백신의 접종가능한 시기를 추천하고 있다. 일반적으로 '면역 보충'을 위한 저용량 면역글로불린(400 mg/kg/dose)은 매월 투여하며, '면역 조절'을 위한 고용량 면역글로불린(2,000 mg/kg/dose)은 3-6개월마다 투여한다 [17,18]. 이는 면역글로불린의 용량에 따른 생체 내 유지기간을 치료방법에 간접적으로 반영한 것이다. Sonobe et al.[19]과 Tacke et al.[12]은 IVIG 치료를 받은 KD 소아에서 홍역 항체 농도의 변화를 보고하였다. 대부분의 KD 환자에서 IVIG 치료 6개월 후에는 홍역 항체가 검출되지 않았다(Fig. 1). 이 결과를 토대로, 일본과 일부 유럽 국가에서는 우리나라나 미국과는 다르게 고용량 IVIG 치료 6개월 또는 9개월 후 홍역 또는 홍역포함 백신을 접종한다[20,21]. IVIG 치료와 예방접종 간격이 너무 짧으면 백신의 효능이 저하될 수 있고, 반면에 간격이 너무 길면 미접종 질환에 이환될 위험도가 높아진다[12]. 현재 우리나라는 미국의 지침을 토대로 IVIG 치료 11개월 후 홍역 백신을 권장하는데, IVIG의 생체 내 유지기간이 인종에 따라서 다를 수 있으므로, 적절한 예방접종 간격을 확인하기 위해서는 국내 혈청역학적 연구가 필요할 것이다.

**Table 2. Recommended intervals between IG treatment and measles or varicella vaccine [9,10]**

Indications and blood products	Recommended intervals (usual dose)
IVIG	
Primary immunodeficiency disorders	8 mon (300-400 mg IgG/kg)
Measles or varicella prophylaxis	8 mon (400 mg IgG/kg)
Immune thrombocytopenic purpura	10 mon (1,000 mg IgG/kg)
Kawasaki disease	11 mon (2,000 mg IgG/kg)
Blood transfusion	
RBCs, washed	0 mon (10 mL/kg; negligible IgG)
RBCs, adenine-saline added	3 mon (10 mL/kg; 10 mg IgG/kg)
Packed RBCs (hematocrit 65%)	6 mon (10 mL/kg; 60 mg IgG/kg)
Whole blood (hematocrit 35%-50%)	6 mon (10 mL/kg; 80-100 mg IgG/kg)
Plasma or platelet products	7 mon (10 mL/kg; 160 mg IgG/kg)
Intramuscular IG	
Hepatitis A, contact prophylaxis	3 mon (0.1 mL/kg; 3.3 mg IgG/kg)
Hepatitis A, international travel	3 mon (0.2 mL/kg; 10 mg IgG/kg)
Measles prophylaxis	6 mon (0.5 mL/kg; 80 mg IgG/kg)
Specific IG	
Tetanus IG (TIG) <sup>1)</sup>	3 mon (250 U; 10 mg IgG/kg)
Hepatitis B IG (HBIG) <sup>1)</sup>	3 mon (0.06 mL/kg; 10 mg IgG/kg)
Rabies IG (RIG) <sup>1)</sup>	4 mon (20 U; 22 mg IgG/kg)
Varicella IG (VIG) <sup>1)</sup>	5 mon (125 U; 60 mg IgG/kg)
Cytomegalovirus IG <sup>2)</sup>	6 mon (150 mg IgG/kg)
Botulinum IG <sup>2)</sup>	6 mon (1 mL/kg; 160 mg IgG/kg)

<sup>1)</sup> Intramuscular injection, <sup>2)</sup> Intravenous injection.

IG: immunoglobulin; IVIG: intravenous immunoglobulin; IgG: immunoglobulin G; RBC: red blood cell; HBIG: hepatitis B immunoglobulin.



**Fig. 1. Changes in measles antibody titers in KD patients after high-dose IVIG treatment.** After 6 months of IVIG treatment, antibodies are no longer detected in most KD patients. The graph is simplified based on the laboratory data by Sonobe et al. [19] and Tacke et al. [12]. Antibody titers < 20 U/L are considered negative. KD: Kawasaki disease; IVIG: intravenous immunoglobulin.

## 2. IVIG 치료 후 예방접종의 기본원칙

첫째, IVIG 치료 후 생백신 접종은, 금기사항(contraindication) 즉 백신 접종으로 인해 심각한 부작용의 발생을 의미하는 것이 아니라, 주의사항(precaution) 즉 백신을 접종할 때 면역원성(immunogenicity) 저하가 예상되어 접종을 연기해야 하는 상황이라는 것을 이해해야 한다 [10]. 예를 들어, 홍역이 유행할 때는 모체로 받은 항체가 아직 남아있는 생후 6-12개월 미만 영아들에게도 홍역 백신을 접종한다[22,23]. 이는 모체의 항체가 홍역에 대한 면역원성을 저하시킬 수 있지만 홍역에 대한 어느 정도의 예방효과를 기대할 수 있기 때문이다. 하지만 생후 12개월 이전의 백신 접종은 모체의 항체에 영향을 받았을 것이므로 접종 횟수에 포함시키지 않고 원래 예방접종 일정대로 홍역 백신을 생후 12-15개월과 4-6세에 2회 접종한다[24-26]. 마찬가지로 고용량 IVIG 치료 후 11개월이 경과하지 않았더라도, 홍역 환자와 접촉 등 임상적으로 필요한 상황에서는 홍역 백신을 접종한다[20].

실제로, IVIG 치료는 홍역과 풍진 백신의 면역반응을 일정기간 저하시킨다는 것이 객관적으로 증명되었다[22,23]. 수두 백신의 면역원성 저하에 대한 자료는 아직 부족하지만, 그 가능성을 고려하여 홍역 백신과 같은 원칙을 적용한다[26]. 일본뇌염 생백신의 경우도 근거 자료는 충분하지 못하지만, 홍역 백신에 준하여 접종을 연기한다[10]. 동일한 원칙에 따라, 고용량 IVIG 치료는 2 주 이내 접종했던 홍역 백신 또는 이에 준한 생백신의 면역원성을 저하시키므로, IVIG 치료 11개월 후 동일한 생백신을 재접종해야 한다[11,12].

둘째, 홍역이나 수두, 일본뇌염 생백신을 제외한 다른 생백신은 IVIG 치료와 무관하게 원래 일정대로 접종한다. 로타바이러스 경구 생백신, 황열(yellow fever) 백신, 과거 사용되었던 경구용 소아마비 백신(oral poliovirus vaccine, OPV), 독감 생백신은 IVIG 치료와 무관하게 접종하도록 추천된다[27,28].

셋째, IVIG 치료는 불활성화(inactivated) 백신, 소위 사백신 면역반응의 저해와는 무관하다 [29]. 예를 들어, B형 간염 백신과 항체(hepatitis B immunoglobulin, HBIG)를 동시 투여하는 것과 파상풍 디프테리아(tetanus diphtheria, Td) 백신과 파상풍 항체(tetanus immunoglobulin, TIG)를 동시 접종한다[21]. 즉, IVIG 치료와 무관하게 불활성화 백신은 원래 일정대로 접종을 시행한다.

### 3. 아스피린과 스테로이드 치료 후 예방접종

KD 환자는 저용량(3-5 mg/kg/day) 아스피린을 8주 동안 복용하며, CAAs으로 1년 이상 아스피린을 복용해야 하는 경우도 적지 않다[2]. 이부프로펜(ibuprofen)은 아스피린의 항혈소판 기전을 길항하기 때문에, 아스피린을 복용하는 소아에게 추천되지 않는 해열제이다[13,14]. 또한 아스피린 복용 소아와 함께 거주하는 식구들은 계절 독감 백신을 접종하도록 한다. 라이증후군(Reye's syndrome)은 드물지만 이론적인 발생 가능성을 고려하여, 아스피린을 복용 중인 소아가 독감 또는 수두에 노출되거나 감염되었을 때, 전문가와 상담하는 것이 필요하다[15,16].

일반적으로 피부 도포나 흡입 요법과 같은 국소 스테로이드 치료 그리고 저용량 또는 중등도 용량의 전신 스테로이드(prednisolone 2 mg/kg/day 미만 또는 체중 10 kg 소아에서 20 mg/day 미만) 치료 중인 소아는 불활성화 백신과 생백신 접종이 가능하다[30,31]. 스테로이드가 KD 환자에 사용될 경우 대부분 급성기에 단기간 동안 적용되므로, 주요한 고려사항은 아닐 것이다. 하지만 고용량 스테로이드(prednisolone 2 mg/kg/day 이상)를 14일 이상 치료받은 환자는 생백신 접종을 1개월 후로 연기한다[32]. 그 밖의 면역억제제를 치료받은 KD 환자는 치료 중단 3개월 후에 생백신을 접종하도록 권장한다[33].

## 결론

IVIG 치료 후 일정기간 동안 생체 내 농도가 유지되어 예방접종에 영향을 준다. 항체의 종류, 용량, 투여 방법 등 면역글로불린의 특성과 연령, 성별, 인종 등 숙주의 특성이 IVIG의 생체 내 유지기간을 결정한다. 우리나라와 미국에서는 고용량 IVIG 치료와 홍역이나 수두 포함 생백신의 접종간격을 11개월 후로 권장한다. 하지만, 일본이나 유럽 일부 국가에서는 그보다 짧은 접종간격을 권장한다. IVIG 치료 후 너무 빨리 예방접종을 시행하면 백신의 면역원성을 저하시킬 수 있고 너무 늦게 예방접종을 시행하면 미접종 질환에 이환될 위험도가 높아진다. IVIG 치료 후 적절한 예방접종 간격을 결정하기 위해 국내 소아환자를 대상으로 하는 연구가 필요한 시점이다.

## References

1. Ahn JG. Overview of childhood vasculitis. *J Rheum Dis.* 2024;31:135-42.
2. McCrindle BW, Rowley AH, Newburger JW, Burns JC, Bolger AF, Gewitz M, et al. Diagnosis, treatment, and long-term management of Kawasaki disease: a scientific statement for health professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 2017;135:e927-99.
3. Furusho K, Nakano H, Shinomiya K, Tamura T, Manabe Y, Kawarano M, et al. High-dose intravenous gammaglobulin for Kawasaki disease. *Lancet.* 1984;324:1055-8.
4. Newburger JW, Takahashi M, Burns JC, Beiser AS, Chung KJ, Duffy CE, et al. The treatment of Kawasaki syndrome with intravenous gamma globulin. *N Engl J Med.* 1986;315:341-7.
5. Rodriguez MM, Wagner-Weiner L. Intravenous immunoglobulin in pediatric rheumatology: when to use it and what is the evidence. *Pediatr Ann.* 2017;46:e19-24.
6. Perez EE, Orange JS, Bonilla F, Chinen J, Chinn IK, Dorsey M, et al. Update on the use of immunoglobulin in human disease: a review of evidence. *J Allergy Clin Immunol.* 2017;139:S1-46.
7. Prasad AN, Chaudhary SCS. Intravenous immunoglobulin in pediatrics: a review. *Med J*

- Armed Forces India. 2014;70:277-80.
8. Appropriate uses of human immunoglobulin in clinical practice: memorandum from an IUIS/WHO meeting. *Bull World Health Organ.* 1982;60:43-7.
  9. American Academy of Pediatrics. Kawasaki disease. In: Kimberlin DW, Lynfield R, Sawyer MH, editors. *Red book: 2021 report of the committee on infectious diseases.* Itasca, IL: American Academy of Pediatrics; 2021. p. 457-64.
  10. The Korean Pediatric Society. Immunization in special clinical circumstances. In: Choi EH, editor. *Immunization guideline: 2021 reported of the committee on infectious diseases.* 10th ed. Seoul: The Korean Pediatric Society; 2021. p. 29-43.
  11. Miura M, Katada Y, Ishihara J. Time interval of measles vaccination in patients with Kawasaki disease treated with additional intravenous immune globulin. *Eur J Pediatr.* 2004;163:25-9.
  12. Tacke CE, Smits GP, van der Klis FRM, Kuipers IM, Zaaijer HL, Kuijpers TW. Reduced serologic response to mumps, measles, and rubella vaccination in patients treated with intravenous immunoglobulin for Kawasaki disease. *J Allergy Clin Immunol.* 2013;131:1701-3.
  13. Lo MS, Newburger JW. Role of intravenous immunoglobulin in the treatment of Kawasaki disease. *Int J Rheum Dis.* 2018;21:64-9.
  14. Morikawa Y, Sakakibara H, Kimiya T, Obonai T, Miura M. Live attenuated vaccine efficacy six months after intravenous immunoglobulin therapy for Kawasaki disease. *Vaccine.* 2021;39:5680-7.
  15. Cardenas-Brown C, Lucas RD, BATTERY J, Britton PN, Wood N, Singh-Grewal D, et al. Live vaccines following intravenous immunoglobulin for Kawasaki disease: are we vaccinating appropriately? *J Paediatr Child Health.* 2023;59:1217-22.
  16. Nadig PL, Joshi V, Pilia RK, Kumrah R, Kabeerdoss J, Sharma S, et al. Intravenous immunoglobulin in Kawasaki disease: evolution and pathogenic mechanisms. *Diagnostics.* 2023;13:2338.
  17. Siber GR, Werner BG, Halsey NA, Reid R, Almeida-Hill J, Garrett SC, et al. Interference of immune globulin with measles and rubella immunization. *J Pediatr.* 1993;122:204-11.
  18. Tsai MH, Huang YC, Yen MH, Li CC, Chiu CH, Lin PY, et al. Clinical responses of patients with Kawasaki disease to different brands of intravenous immunoglobulin. *J Pediatr.* 2006;148:38-43.
  19. Sonobe T. Intravenous gamma-globulin therapy and vaccination. *Shoni-naika.* 1994;26:1929-33.
  20. Research Committee of the Japanese Society of Pediatric Cardiology, Cardiac Surgery Committee for Development of Guidelines for Medical Treatment of Acute Kawasaki Disease. *Guidelines for medical treatment of acute Kawasaki disease: report of the Research Committee of the Japanese Society of Pediatric Cardiology and Cardiac Surgery (2012 revised version).* *Pediatr Int.* 2014;56:135-58.
  21. de Graeff N, Groot N, Ozen S, Eleftheriou D, Avcin T, Bader-Meunier B, et al. European consensus-based recommendations for the diagnosis and treatment of Kawasaki disease – the SHARE initiative. *Rheumatology.* 2019;58:672-82.
  22. Ruderman JW, Barka N, Peter JB, Stiehm ER. Antibody response to MMR vaccination in chil-

- dren who received IVIG as neonates. *Am J Dis Child*. 1991;145:425-6.
23. Andrews N, Pebody RG, Berbers G, Blondeau C, Crovari P, Davidkin I, et al. The European Sero-Epidemiology Network: standardizing the enzyme immunoassay results for measles, mumps and rubella. *Epidemiol Infect*. 2000;125:127-41.
  24. Albrecht P, Ennis FA, Saltzman EJ, Krugman S. Persistence of maternal antibody in infants beyond 12 months: mechanism of measles vaccine failure. *J Pediatr*. 1977;91:715-8.
  25. van der Klis FRM, Mollema L, Berbers GAM, de Melker HE, Coutinho RA. Second national serum bank for population-based seroprevalence studies in the Netherlands. *Neth J Med*. 2009;67:301-8.
  26. Smits GP, van Gageldonk PG, Schouls LM, van der Klis FRM, Berbers GAM. Development of a bead-based multiplex immunoassay for simultaneous quantitative detection of IgG serum antibodies against measles, mumps, rubella, and varicella-zoster virus. *Clin Vaccine Immunol*. 2012;19:396-400.
  27. Bal AK, Prasad D, Umali Pamintuan MA, Mammen-Prasad E, Petrova A. Timing of intravenous immunoglobulin treatment and risk of coronary artery abnormalities in children with Kawasaki disease. *Pediatr Neonatol*. 2014;55:387-92.
  28. Arciuolo RJ, Jablonski RR, Zucker JR, Rosen JB. Effectiveness of measles vaccination and immune globulin post-exposure prophylaxis in an outbreak setting: New York City, 2013. *Clin Infect Dis*. 2017;65:1843-7.
  29. Beasley RP, Hwang LY. Measles vaccination not interfered with by hepatitis B immune globulin. *Lancet*. 1982;319:161.
  30. Kuijpers TW, Wiegman A, van Lier RAW, Roos MTL, Wertheim-van Dillen PME, Pinedo S, et al. Kawasaki disease: a maturational defect in immune responsiveness. *J Infect Dis*. 1999;180:1869-77.
  31. Esposito S, Bianchini S, Dellepiane RM, Principi N. Vaccines and Kawasaki disease. *Expert Rev Vaccines*. 2016;15:417-24.
  32. Bass AR, Chakravarty E, Akl EA, Bingham CO, Calabrese L, Cappelli LC, et al. 2022 American College of Rheumatology guideline for vaccinations in patients with rheumatic and musculoskeletal diseases. *Arthritis Care Res*. 2023;75:449-64.
  33. Lee AM, Burns JC, Tremoulet AH. Safety of infliximab following live virus vaccination in Kawasaki disease patients. *Pediatr Infect Dis J*. 2017;36:435-7.