

2

## 스테인리스 스틸 기성금속관 치료 후 발생한 소아환자의 과민반응 치료 : 증례보고

간추린 제목 : 스테인리스-스틸 크라운 치료 후 발생한 소아환자의 과민반응 치료


권찬욱<sup>1</sup>, 김기민<sup>2</sup>, 이성탁<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

<sup>2</sup>경북대학교 치과대학 소아치과학교실

### ORCID ID

Chan-Uk Kwon,  <https://orcid.org/0009-0004-3124-5470>

Ki-Min Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-2979-070X>

Sung-Tak Lee,  <https://orcid.org/0000-0001-6651-8046>

### ABSTRACT

#### Management of Allergic Reaction to a Stainless Steel Crown on Pediatric Patient : A Case Report

Chan-Uk Kwon<sup>1</sup>, Ki-Min Kim<sup>2</sup>, Sung-tak Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of oral and maxillofacial surgery, School of Dentistry, Kyungpook National University.

<sup>2</sup>Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University.

We report a case of a pediatric patient who developed systemic reactions due to nickel allergy after receiving stainless steel crown treatment for dental caries. The patient experienced eczema, itching, and rash on her thighs, gingiva, hands, and feet after the treatment. The symptoms were diagnosed as a nickel allergy reaction and were subsequently treated with first generation antihistamine. This case highlights the potential risk of developing nickel allergy reactions after receiving stainless steel crown treatment and emphasizes the importance of careful selection of materials and monitoring of patients during and after dental procedures.

Key words : Hypersensitivity, Nickel, Stainless steel, Histamine Antagonists

#### Corresponding Author

Sung-Tak Lee, DDS,MD,PhD, Assistant Professor

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Kyung Pook National University,  
2177, Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu, Republic of Korea

Tel : +82-53-600-7551 / e-mail : st0907@knu.ac.kr

## I. 서론

스테인리스스틸 기성금속관(Stainless steel crown, SSC)은 1947년 Rocky Mountain Company에 의해 처음 도입되었으며, 1950년 Engel과 Humphrey에 의해 대중화된 수복재료이다<sup>1)</sup>. SSC는 치아우식증으로 인하여 광범위하게 파괴된 치관부 수복이나 선천적 발육부전으로 인하여 약화된 경우 흔히 사용된다. SSC은 주조금관에 비해 치질의 삭제량이 적고 치아의 해부학적 형태와 저작기능의 회복이 쉬운 장점이 있으며, 통상적으로 유구치의 해부학적 형태로 제작된 제품이 시판되어 사용되고 있다<sup>2)</sup>. SSC의 구성성분은 같은 스테인리스스틸을 주재료로 하는 교정용 와이어와 비슷하며, 65~73%의 철, 17~20%의 크롬, 8~13%의 니켈, 2% 미만의 망간, 규소, 탄소로 이루어져 있다<sup>3)</sup>. 이 중 주성분인 니켈에 대한 과민반응으로 인해 생체적합성에 대해 많은 논란이 있었다. 니켈의 경우 다른 금속 알레르기기에 비해 높은 유병률을 보이며, 2018년 발표된 연구에서 일반적인 인구에서 11.4%, 여성인구에서는 15.7%, 남성에게서 4.3%의 인구가 니켈 알레르기를 갖고 있는 것으로 알려지고 있다<sup>4)</sup>.

니켈 과민반응으로 인한 부작용으로는 전신적인 피부염이 있으며<sup>5)</sup>, 구강 내 증상은 수복물이나 공간유지장치 주변에 발생하는 치은의 증식과 염증, 치조골 소실, 치은 비대가 있다<sup>6)</sup>. 과민반응이 일어나는 연령은 주로 소아에 많으며, 2~5세에 시작되어 10~15세에 가장 흔하게 나타난다<sup>7)</sup>. 니켈 알레르기의 진단은 철폐검사나 혈액검사를 통해 이루어지며, 일반적으로 임상적 평가와 함께 이루어지는 경우가 많다. 치료 방법은 니켈 노출을 피하는 것이 우선시되며, 금이나 티타늄과 같은 재료로의 변경, 대증요법으로 국소 코르티코스테로이드 제제 도포, 경구 항히스타민제 복용이 선택될 수 있다. 일부 경우에는 탈감작요법이 추천되기도 한다<sup>8)</sup>.

본 증례에서는 상악 우측 제1유구치의 우식을 주소로

내원한 6세 환아가 SSC을 이용하여 치료받은 후 급속 과민반응으로 인해 전신적인 과민반응이 나타났을 때의 치험례를 소개하고자 한다. 환아는 SSC 치료를 받고 귀가한 뒤 구강점막과 전신의 피부 과민반응을 나타내었으며, 스테로이드 연고를 도포 및 항히스타민제 복용 후 호전되었으나 증상 재발하여 SSC를 제거하였다. 현재 국내에서의 SSC 치료 후의 급속 과민반응으로 인한 사례 발표나 유병률에 대한 연구는 보고된 바 없다. SSC는 특히 니켈 과민반응의 유병률이 높은 소아환자에게 주로 사용되는 재료이므로 이 증례를 통해 병력청취와 과민반응 발생시의 대처의 중요성 및 치료방안에 대해 알리고자 한다.

## II. 증례보고

만 6세의 특이 병력이 없는 여아가 치아의 우식을 주소로 경북대학교 치과병원 소아치과에 내원하였다. 임상검사상 상악 우측 제1유구치의 상아질 및 신경관을 침범한 우식이 관찰되었다. 통상의 방법대로 국소마취 하에 우식 상아질을 제거하고 근관치료를 완료한 뒤, SSC를 글래스 아이오노머 시멘트를 이용하여 장착하였다.

치료 당일 저녁 칫솔질을 하던 중 SSC 주변의 치은에 출혈 및 치은부종, 발적이 발생하였다. 촉진 시 통증은 호소하지 않았으나 해당 치아의 동요도 및 지속적인 불편감을 호소하였고, 농양과 같은 감염의 징후는 관찰되지 않았다. 이와 함께 환아의 양측 손등, 발등에 두드러기가 발생하였다(Fig. 1). 국소 스테로이드 연고를 바른 뒤 두드러기는 사라졌으나, 6시간 뒤 다시 양쪽 손등, 발등, 엉덩이, 허벅지와 무릎 오금 등의 부위에 전신적인 두드러기와 소양감이 발생하였다(Fig. 2,3). 광범위한 두드러기를 주소로 소아청소년과 의원에서 1세대 항히스타민제 시럽인 Hydroxyzine(Doodriline Syrup, Sama Pharmaceutical Products Ltd, Korea) 처방받아 복용 후 두드러기는

CASE REPORT



Fig. 1. Several Urticaria occur on patient's both hand and wrist in the evening of treatment (A: Right hand B: Left hand)



Fig. 2. Urticaria subsides after applying steroid ointment. Other rashes break out the day after treatment

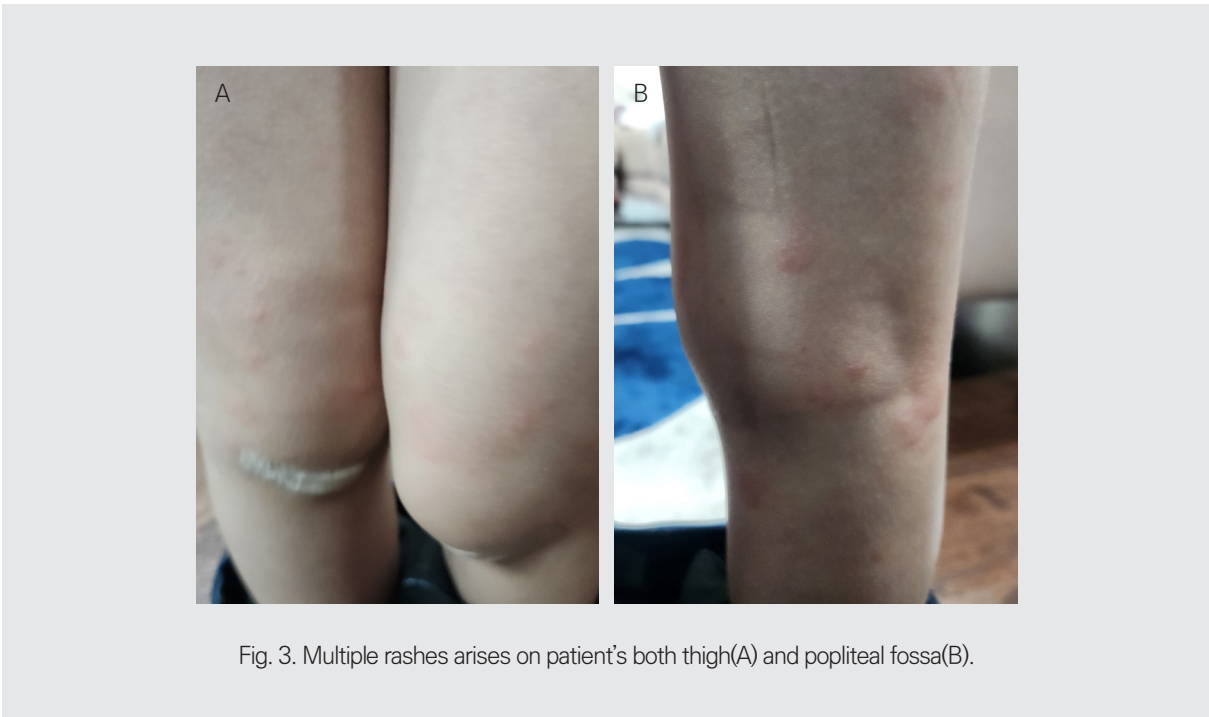


Fig. 3. Multiple rashes arises on patient's both thigh(A) and popliteal fossa(B).

사라졌다.

다음 날 오전, 환아의 전신에 두드러기가 다시 발생하였고, 처방받은 항히스타민제 복용 후 몸의 두드러기는 사라졌지만, SSC 주변 잇몸이 붓고, 칫솔질 시 출혈이 발생하는 등 구강 내의 증상이 악화되었다. 이를 주소로 경북대학교 치과병원 구강악안면외과로 내원하였다. 환자의 과거력 문진과 함께 SSC 치료 이후 발생한 두드러기의 양상과 보철물 주변 연조직 상태를 근거로 SSC에 의한 금속 알레르기로 진단 내렸다. 자극 유발원의 제거를 위해 고속 핸드피스를 이용하여 SSC을 분할하여 제거하였다. 제거 시 환아의 협조도 문제로 소공포로 안면부를 덮지 못했으며, 크라운 제거 후 경구 항히스타민제를 추가 처방하였다.

SSC 제거 6시간 후 전신 부위와 안면부의 양측 뺨, 턱부위에 두드러기 및 소양감이 추가적으로 발생하여(Fig. 4). 처방받은 항히스타민제를 복용하였고, 증상이 사라졌다.

이후 한차례 가벼운 두드러기가 발생하였으나 Desonide 성분의 스테로이드 크림(Desowen Cream 0.05%, Galderma Pharma SA/Galderma SA Zug, Switzerland.) 도포만으로 증상이 사라졌다. 이후에는 더 이상의 임상적 증상이 나타나지 않았고, SSC로 수복되었던 치아 주변 치은의 부종과 발적도 사라졌다<sup>5)</sup>. 이후 치료받은 치아는 임상 증상 및 불편감 없어 추가적인 처치를 하지 않고 경과 관찰 중에 있다.

환아는 피부과 전문의와 상담 후 니켈 알레르기로 진단 받았고, 확진을 위한 첩포 검사(patch test)를 고려하였으나 환아의 나이와 협조도, 검사의 어려움을 고려하여 시행하지 않았다.

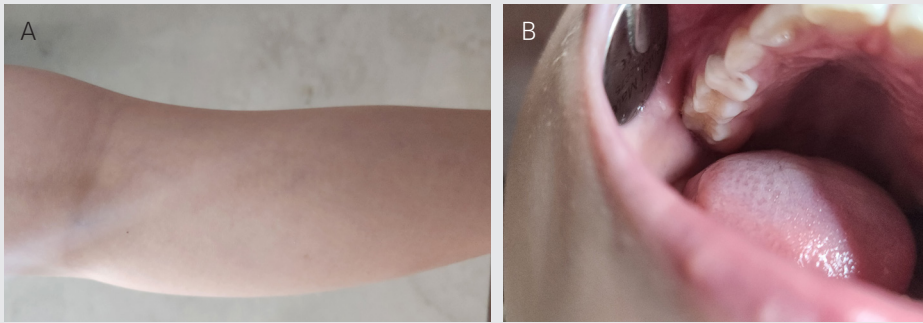


Fig. 4. Additional rashes arise after stainless-steel crown removal on peri-oral area. The particles produced by crown dissection can induce severe hypersensitivity

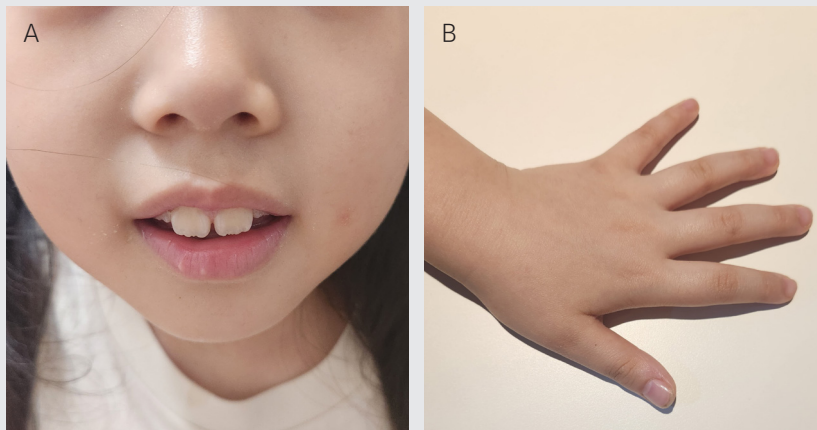


Fig. 5. Symptoms on Face(A), Hand(B),arm(C) and oral mucosa(D) relieved after treatment.

### Ⅲ. 고찰

#### 1) Nickel in Dentistry

니켈은 스테인리스스틸이나 니켈-티타늄 등의 합금에

첨가되며, 내구성이나 경도와 같은 물리적 특성을 향상시키면서, 합금의 비용을 낮추는 역할을 한다. 치과에서 쓰이는 스테인리스스틸을 포함한 많은 합금이 니켈을 함유하고 있으며, 이 합금들은 교정용 와이어, 브래킷, 크라운이나 근관치료용 파일이나 기구에 사용된다<sup>9)</sup>. 금이나

팔라듐에 비교했을 때 니켈의 높은 탄성계수로 치과 보철물의 제작에 사용되기도 한다. 니켈이 인체에 가장 많이 노출되는 경로는 식이를 통해서이며, 경구식이를 통한 일일 평균 노출량은 300~600 $\mu$ g이다<sup>10</sup>. 인체에 유해작용을 미치는 임계량은 50~500mg/kg이며, 인공타액 환경에 SSC 및 공간유지장치를 노출시켰을 때 용출되는 니켈의 양을 측정 한 실험에서는 5ppm 이하의 니켈이온이 용출되었다<sup>6</sup>. 니켈 과민반응은 주로 용출된 니켈 이온에 의해 발생되므로, Ni-Cr 합금에서 크롬을 20% 이상 함유시켜 니켈 이온의 유리를 줄이도록 권고되고 있으며<sup>2</sup>, 이전 세대의 SSC를 구성하는 성분에는 니켈 함량이 72%에 달했으나, 최근 사용되는 세대의 SSC들은 12%~9%의 니켈을 포함되어 있다<sup>7</sup>.

## 2) Mechanism of Nickel allergy

니켈 알레르기 반응은 지연 면역체계에 의해 발생된다. 순차적인 알레르기 유발원의 노출은 특정항원을 인식하는 T-림프구의 활성을 이끌어내고, 알레르기 유발원에 노출된 후 하루나 이틀 이내에 면역반응이 일어나게 한다<sup>3</sup>. 니켈 포함 합금에 대한 알레르기는 T-림프구에 의해 유발

되는 IV형 과민반응이다<sup>11</sup>. 니켈 이온에 의한 IV형 과민반응의 감작 및 유발이 진행되는 동안 선천면역과 적응면역 시스템이 작용하는 것으로 알려져 있지만 완전한 작용기전은 밝혀지지 않았다<sup>12</sup>. Thyssen 등에 의하면 filaggrin이라는 유전자의 변이가 니켈 알레르기와 관련이 있다는 연구가 보고되고 있다. filaggrin은 고도로 인산화되어 있으며 histidine-rich polypeptide가 상피의 케라틴 섬유에 응집되어 상피의 수분 손실을 막아주고, 미생물이나 알레르기 유발원, 화학물질의 피부 내로의 침투를 방어하는 역할을 하는 유전자로, filaggrin이 결핍된 피부에 니켈이 더 빠르게 침투 및 흡수될 수 있다고 알려져 있다<sup>13</sup>.

## 3) Management of Nickel allergy

니켈에 의한 과민반응으로 인한 접촉성 피부염에 대한 치료는 크게 세 단계로 구분될 수 있다<sup>14</sup>. 1. 먼저 증상에 대한 대증적인 처치를 하면서 과민반응을 유발하는 니켈을 함유한 제품의 식별 및 접촉을 피한다. 2. 피부 및 점막의 염증반응을 치료한다. 3. 피부의 회복과 재건을 돕는다. 치과외사는 위의 세 단계에 따라 과민반응을 일으키는 니켈을 함유한 재료나 기구들을 식별하여 접촉하지 않도록

Table 1. Management of Nickel allergic reaction of pediatric patient

Step 1.	Ask patients targeted questions to Identifying sources of allergen and start treatment to manage the acute symptoms Avoid the exposures from allergen.	
	Steroids	Desonide cream 0.05% Hydrocortisone cream 0.1% Betamethasone cream/lotion 0.1%
Step 2	Antihistamine	Diphenhydramine 1mg/kg/4-6hr or Fexofenadine Cetirizine
	Non-steroid External preparation	Pimecrolimus Tacrolimus 0.1% ointment (protopic)
Step 3	Skin barrier recovery and reconstruction	Emollients, Vitamin C, Physical blockage of nickel-containing metal objects

록 제거하거나 피하는 것을 최우선적으로 시행하여야 한다. 피부의 염증반응은 국소 코르티코스테로이드 제제가 도움이 될 수 있다. 니켈 알레르기에 대한 특별한 방안은 없지만 미국 소아과학회에서는 도포 부위와 심각도에 따라 스테로이드 제제의 Potency나 제형을 선택하도록 권하고 있으며, 스테로이드에 효과가 없는 경우 Pimecrolimus, Tacrolimus와 같은 Calcineurin inhibitor가 포함된 연고나 크림을 사용할 수 있다<sup>15,16</sup>. 광범위하게 퍼진 피부병변이 있는 경우 경구 스테로이드를 며칠 투약 가능하며, 이는 테이퍼링이 필요하다. 또한 피부의 소양감이 있는 경우 항히스타민제를 병행할 경우 증상의 완화에 도움이 될 수 있다<sup>14</sup>. 니켈을 고함량 포함하는 코코아, 초콜릿,オート밀, 아몬드 등의 음식을 피하면서 니켈의 흡수율을 낮춰주는 비타민C, 커피, 우유 등을 섭취하는 것도 도움이 될 수 있다<sup>17</sup>.

#### 4) Removal of Stainless-steel crown

본 증례에서는 핸드피스를 사용하여 SSC를 제거하는 과정에서 환자의 협조도로 인해 소공포로 안면부를 보호하지 않았으며, 추가적인 과민반응이 발생하였다. 이는 크라운을 분할하는 과정에서 발생한 미세한 금속입자에 의한 것으로 추정되었다. 치과용 핸드피스는 타액, 혈액, 치과재료, 박테리아, 바이러스를 포함한 미세입자와 에어로졸을 생성할 수 있다. 이러한 미세입자들은 공기 중에서 장기간 체류할 수 있으며, 치과 의사나 환자의 체내로 쉽게 흡입되거나 위장관 내로 흡수될 수 있다<sup>8</sup>. James R. Allison에 의하면 핸드피스 사용 시 발생하는 에어로졸과 미세입자들이 퍼지는 범위나 크기 등을 분석하였을 때 1.5m 이내에 가장 많은 입자들이 있었고, 최대 4m까지 에어로졸이 확산되었다고 보고하였다<sup>19</sup>. Tom Dudding에 의하면 초음파 스케일링, 수술용 드릴, 3-in-1 syringe, 핸드피스 등 통상적인 치과술식에서 고속 핸드피스를 이

용한 술식에서 가장 많은 에어로졸이 발생하였다고 보고하였다<sup>20</sup>. 이러한 과민반응이 있는 환자에게서 보철물이나 장치물을 제거할 때 발생하는 금속 입자들이 환자의 호흡기, 피부, 구강점막에 새로운 알레르기 유발원이 될 수 있으므로, 환자의 구강 점막과 안면부를 리버댐이나 거즈, 소공포 등을 사용하여 반드시 보호해야만 할 것이다.

#### 5) Stainless Steel crown and Nickel allergy

SSC는 내구성이 높고 비용 효율적이며, 높은 조작성으로 소아 환자에게 대중적으로 쓰이는 수복용 재료인 반면, 고정성 보철물의 특성상 자극원을 구강 내에서 제거하기 힘들고, 협점막, 치은 등의 구강 점막과 상시적으로 접촉이 되므로 접촉성 과민반응에 더 취약하다. 더구나 SSC의 주요 치료대상인 소아환자의 경우 성인에 비해 니켈 과민반응을 보이는 비율이 높다. 과민반응의 국내 발생빈도는 밝혀져 있지 않으며 장기간에 걸쳐 구강 점막에 미칠 수 있는 분자, 세포 수준의 영향에 대해서는 밝혀지지 않은 것이 많다. 이러한 부작용의 위험성과 잠재적인 결과를 평가하기 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

임상에서는 SSC 치료 전 니켈 과민반응으로 인한 부작용으로 인해 환자에게, 특히 소아에게 있어 심각한 불편감을 초래할 수 있다는 점을 치과 의사가 인지하고 보호자나 환자에게 잠재적인 유해작용에 대해 설명하여야 할 것이다. 부작용 발생을 원천적으로 예방하기 위해 첩포 검사를 의뢰하는 것도 과민반응 예방을 위한 방법 중 하나이다. 또한 치료 전 환자 기저질환에 대한 정확한 문진과 적절한 치과 재료 선택, 치료 후 환자의 경과관찰이 중요할 것이며, 치과 의사와 의료진은 이러한 부작용의 가능성을 인식하고, 과민반응이 있는 환자에 대해서는 적절한 초기 처치를 할 수 있어야 하며, 필요시 피부과 전문의와의 협진을 고려해야 할 것이다. 또한 니켈 과민반응 병력이 있는 환자에 대해서는 지르코니아 기성관, 귀금속재료

의 사용 등의 대체될 수 있는 재료 사용을 고려하거나, 유치의 경우 영구치 맹출시기가 가깝다면 발치하는 등의 선택을 해야 할 것이다.

#### IV. 이해상충(Conflicts of Interest)

저자들은 이해상충이 없음을 선언한다.

#### 참고문헌

1. Mathew MG, Roopa KB, Soni AJ, Khan MM, Kauser A. Evaluation of Clinical Success, Parental and Child Satisfaction of Stainless Steel Crowns and Zirconia Crowns in Primary Molars. *J Family Med Prim Care*. 2020 Mar 26;9(3):1418-1423. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc\_1006\_19. PMID: 32509626; PMCID: PMC7266243.
2. 대한소아치과학회, 소아-청소년치과학 제 6판 제1권. 서울: 대한나라 출판사. 2023. p.457.
3. Yilmaz A, Ozdemir CE, Yilmaz Y. A delayed hypersensitivity reaction to a stainless steel crown: a case report. *J Clin Pediatr Dent*. 2012 Spring;36(3):235-8. doi: 10.17796/jcpd.36.3.d1327wn32361u04n. PMID: 22838223.
4. Alinaghi F, Bennike NH, Egeberg A, Thyssen JP, Johansen JD. Prevalence of contact allergy in the general population: A systematic review and meta-analysis. *Contact Dermatitis*. 2019 Feb;80(2):77-85. doi: 10.1111/cod.13119. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30370565.
5. Brendlinger DL, Tarsitano JJ. Generalized dermatitis due to sensitivity to a chrome cobalt removable partial denture. *J Am Dent Assoc*. 1970 Aug;81(2):392-4. doi: 10.14219/jada.archive.1970.0199. PMID: 5269202.
6. Kulkarni P, Agrawal S, Bansal A, Jain A, Tiwari U, Anand A. Assessment of nickel release from various dental appliances used routinely in pediatric dentistry. *Indian J Dent*. 2016 Apr-Jun;7(2):81-5. doi: 10.4103/0975-962X.184649. PMID: 27433051; PMCID: PMC4934093.
7. Keinan D, Mass E, Zilberman U. Absorption of nickel, chromium, and iron by the root surface of primary molars covered with stainless steel crowns. *Int J Dent*. 2010;2010:326124. doi: 10.1155/2010/326124. Epub 2011 Jan 17. PMID: 21274429; PMCID: PMC3026973.
8. Hannah J. Nickel allergy: what it is and how it can affect our patient care. *Gastroenterol Nurs*. 2012 Jul-Aug;35(4):263-8; quiz 269-70. doi: 10.1097/SGA.0b013e3182603090. PMID: 22847285.
9. 한국치과재료학교수협의회, 치과재료학 제 7판. 서울: 군자출판사; 2015. p.73.
10. Yassaei S, Dadfarnia S, Ahadian H, Moradi F. Nickel and chromium levels in the saliva of patients with fixed orthodontic appliances. *Orthodontics (Chic)*. 2013;14(1):e76-81. doi: 10.11607/ortho.810. PMID: 23646341.
11. Saito M, Arakaki R, Yamada A, Tsunematsu T, Kudo Y, Ishimaru N. Molecular Mechanisms of Nickel Allergy. *Int J Mol Sci*. 2016 Feb 2;17(2):202. doi: 10.3390/ijms17020202. PMID: 26848658; PMCID: PMC4783936.
12. Ahlström MG, Thyssen JP, Wennervaldt M, Menné T, Johansen JD. Nickel allergy and allergic contact dermatitis: A clinical review of immunology, epidemiology, exposure, and treatment. *Contact Dermatitis*. 2019 Oct;81(4):227-241. doi: 10.1111/cod.13327. Epub 2019 Jul 9. PMID: 31140194.
13. Thyssen JP, Menné T. Metal allergy—a review on exposures, penetration, genetics, prevalence, and clinical implications. *Chem Res Toxicol*. 2010 Feb 15;23(2):309-18. doi: 10.1021/tx9002726. PMID: 19831422.
14. Silverberg NB, Pelletier JL, Jacob SE, Schneider LC; SECTION ON DERMATOLOGY, SECTION ON ALLERGY AND IMMUNOLOGY. Nickel Allergic Contact Dermatitis: Identification, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*. 2020 May;145(5):e20200628. doi: 10.1542/peds.2020-0628. PMID: 32341178.
15. Alomar A, Puig L, Gallardo CM, Valenzuela N. Topical tacrolimus 0.1% ointment (protopic) reverses nickel contact dermatitis elicited by allergen challenge to a similar degree to mometasone furoate 0.1% with greater suppression of late erythema. *Contact Dermatitis*. 2003 Oct;49(4):185-8. doi: 10.1111/j.0105-1873.2003.0217.x. PMID: 14996065.
16. Pacor ML, Di Lorenzo G, Martinelli N, Mansueto P, Friso S, Pellicer ME, Di Fede G, Rini G, Corrocher R. Tacrolimus ointment in nickel sulphate-induced steroid-resistant allergic contact dermatitis. *Allergy Asthma Proc*. 2006 Nov-Dec;27(6):527-31.

## 참고문헌

- doi: 10.2500/aap.2006.27.2915. PMID: 17176790.
17. Sharma AD. Low nickel diet in dermatology. *Indian J Dermatol* [serial online] 2013 [cited 2023 May 8];58:240. Available from: <https://www.e-ijd.org/text.asp?2013/58/3/240/110846>
  18. Rautemaa, R., Nordberg, A., Wuolijoki-Saaristo, K., and Meurman, J.H. (2006). Bacterial aerosols in dental practice - a potential hospital infection problem? *Journal of Hospital Infection*, 64(1), 76-81.
  19. Allison JR, Currie CC, Edwards DC, Bowes C, Coulter J, Pickering K, Kozhevnikova E, Durham J, Nile CJ, Jakubovics N, Rostami N, Holliday R. Evaluating aerosol and splatter following dental procedures: Addressing new challenges for oral health care and rehabilitation. *J Oral Rehabil*. 2021 Jan;48(1):61-72. doi: 10.1111/joor.13098. Epub 2020 Oct 8. PMID: 32966633; PMCID: PMC7537197.
  20. Dudding T, Sheikh S, Gregson F, Haworth J, Haworth S, Main BG, Shrimpton AJ, Hamilton FW; AERATOR group; Ireland AJ, Maskell NA, Reid JP, Bzdek BR, Gormley M. A clinical observational analysis of aerosol emissions from dental procedures. *PLoS One*. 2022 Mar 10;17(3):e0265076. doi: 10.1371/journal.pone.0265076. PMID: 35271682; PMCID: PMC8912243.