

자가면역질환인 아토피피부염과 운동에 관한 연구동향

최은주 PhD

대구가톨릭대학교 사범대학 체육교육과

Research Trends on Atopic Dermatitis an Autoimmune Disease and Exercise

Eun-Ju Choi PhD

¹Department of Physical Education, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea

PURPOSE: Autoimmune diseases attack the organs and tissues of the body because of abnormalities in the immune system, causing health issues such as inflammation and atopic dermatitis. Atopic dermatitis is a chronic inflammatory skin disease with a multifactorial pathogenesis that presents with an itchy, dry dermis. Atopic dermatitis can be alleviated or worsened by environmental factors, and studies have reported that exercise has various effects on atopic dermatitis.

METHODS: This review collected and analyzed data on the effects of exercise and atopic dermatitis from previous studies obtained through online databases and search engines, including PubMed, Web of Science, and Google Scholar.

RESULTS: Moderate exercise has a positive effect on the health of patients with atopic dermatitis. During moderate- and high-intensity exercise, the thickness of the dermis and epidermis of atopic skin, serum immunoglobulin (Ig)E levels, and cytokine levels decreased. However, conflicting results showed that high-intensity swimming exercises increased the severity of atopic dermatitis. Additionally, patients with atopic dermatitis and lower physical activity levels showed increased disease severity.

CONCLUSION: These results indicate that several exercises have therapeutic potential against atopic diseases. Further studies are required to investigate the effects of exercise on atopic dermatitis, including the limitations.

Key words: Autoimmune disease, Atopic dermatitis, Exercise

서론

자가면역질환(Autoimmune disease)이란 면역체계의 이상으로 우리 몸의 장기나 조직을 공격하여 염증을 일으키는 질환이다. 특히, 대표적인 아토피피부염(Atopic dermatitis)은 악화와 호전을 반복하는 대표적인 만성 염증성 피부질환이다[1]. 아토피피부염은 만성 소양증, 수면부족, 우울증 및 불안증세와 관련이 있으며, 알레르기 비염(Rhinitis), 식품 알레르기 및 천식(Asthma)을 동반하고 면역 T helper cell type 2 (Th2)를 유도하는 대표적인 자가면역질환이다[2]. 건강보험심사평가원 질병관

련 통계 데이터에 보고에 의하면 2020년 기준 아토피피부염 환자 수는 약 97만 명이며, 이 중 9세 이하 소아 환자 비율은 33.9%, 10대 16.8%로 유·소아기에 많은 비중을 차지하고 있다[2,3]. 또한, 세계적으로 아토피 피부염 발병률은 소아기에 최대 20%, 성인의 최대 14%에 영향을 미치며, 인종과 지역에 따라 차이가 나타난다[4]. 아토피피부염의 발병기전은 정확한 원인과 발병기전이 밝혀져 있지 않으나, 최근 면역학적, 유전적, 환경적, 피부장벽 기능의 이상, 미생물과 같은 다양한 요인이 제시되고 있다[2]. 최근 면역학적으로 밝혀진 대표적인 연구는 Th1 Type과 Th2 Type의 면역학적 불균형으로 생성이 되며 Interleukin 4 (IL-4), In-

Corresponding author: Eun-Ju Choi **Tel** +82-53-850-3793 **Fax** +82-53-580-7260 **E-mail** cej0915@cu.ac.kr

*This work was supported by research grants from Daegu Catholic University in 2022.

Keywords 자가면역질환, 아토피피부염, 운동

Received 21 Feb 2024 **Revised** 27 Feb 2024 **Accepted** 28 Feb 2024

© 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/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

terleukin 10 (IL-10), Interleukin 5 (IL-5), Interleukin 13 (IL-13), Interleukin 31 (IL-31), Interleukin 12 (IL-12), Tumor necrosis factor (TNF)alpha의 사이토카인(Cytokines)과 관련되어 있다. 특히, 대표적 피부질환인 아토피피부염은 주로 T 세포매개 과정이 발병기전의 핵심역할로 알려져 있으며, 혈청 Immunoglobulin E (IgE), Immunoglobulin A (IgA), Immunoglobulin G2A (IgG2a), T세포의 활성화, 비만세포(Mast cell)의 히스타민분비 억제, 피부각질세포(human keratinocytes)에서의 Interleukin 2 (IL-2) 활성화 등 아토피피부염에 직접적으로 관련되어 있다고 보고하고 있다[5,6]. 최근 아토피 치료제로는 국소 스테로이드, 국소면역조절제, 항히스타민제, 이차감염치료(항바이러스제), 전신치료(사이클로스포린, 생물학제제) 등이 있다[7]. 그러나 최근 아토피 치료원칙으로 스트레소관리가 대두되고 있으며, 아토피 완화에 환경적인 요인도 관련성이 높은 것으로 보고되었다[8]. 특히, 아토피피부염 관련 환경적인 요인 중 하나인 운동과 관련된 연구가 대두되고 있다. 아토피피부염은 소극적인 자세, 우울증 및 불안증세와 관련이 있으며, 이러한 증상은 신체활동(Physical activity)의 감소로 이어질 수 있다[9]. 특히, 소아기의 신체활동은 직접적 또는 신체구성에 미치는 영향으로 인해 아토피와 밀접하게 관련되어 있다[10]. 최근 환경적 요인과 아토피피부염 관련 연구가 다양하게 진행되고 있으며, 강도차이에 의한 신체활동 및 여가활동에서 아토피피부염의 호전여부에 상관관계관련 연구가 다각적으로 진행되고 있다[10]. 규칙적인 운동 시 면역반응에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 특히 면역T세포의 증식 및 생성관련 사이토카인이 활성화된다고 보고하고 있다[11]. 또한, 신체활동에 따라 알레르기 반응, 다양한 종류의 두드러기, 무기력, 천식, 혼수상태를 포함한 아나필락시스(Anaphylaxis) 등이 일어나게 된다[11]. 특히, 아토피피부염 환자의 절반 정도가 재발을 경험하며, 일부 환자는 알레르기 비염, 천식 및 알레르기를 동반하여 경험하게 된다[12]. 최근에는 알레르기, 운동유발성 천식 및 아나필락시스로 인해 운동 및 신체활동에 관한 기전연구는 활발히 진행되고 있다. 그러나 운동과 아토피피부염의 호전과 악화 및 신체활동지수 관련 연구에 관한 정보가 제공되어야 한다. 최근 아토피 환자가 증가함에도 불구하고 운동과 아토피피부염과의 관련성에 대한 기전 및 임상관련 연구가 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 자가면역질환인 아토피피부염을 중심으로 운동 및 신체활동에 미치는 영향에 대해 강도, 빈도, 시간 등을 각각 분류한 후 선행연구를 중심으로 결과를 제시하고자 한다.

연구 방법

1. 자료수집

본 종설을 작성하기 위해 자료수집은 1990년 1월부터 2023년 12월 까지 출판된 문헌들을 중심으로 학술검색 대표적 시스템인 “Web of

Science”, “PubMed”, “Google Scholar”과 같은 온라인 데이터 베이스를 활용하여 운동과 아토피피부염과 관련된 논문 총 1,168편에서 945편 제외 후 150편을 검토하였다. 또한, 62편을 제외한 뒤 최종 88편을 선행 문헌들을 중심으로 진행하였다. 연구들을 수집한 후 분석하였다. 자료수집을 위하여 온라인 데이터 베이스에서 검색은 “Atopic dermatitis and exercise”, “Atopic dermatitis and physical activity”, “Immunoglobulin E and exercise” 등과 같이 검색 키워드를 설정하여 문헌조사를 실시하였다. 본 종설에서는 아토피피부염과 운동의 강도, 빈도, 시간, 형태를 포함하여 운동이 호전과 악영향을 미치는 연구로 나누었으며, 아토피피부염 환자를 대상으로 한 종설연구에서 신체활동 미치는 영향 관련 연구를 포함하여 자료조사를 실시하였다.

연구 결과

1. 운동이 아토피피부염에 미치는 영향

운동, 이완 기법, 식이 조절과 같은 생활 방식 행동은 아토피피부염 환자에게 도움이 되는 것으로 알려져 있다[13]. 그러나 운동으로 인한 발한과 피부 온도의 상승은 아토피피부염 증상을 악화시킬 수 있으며, 운동은 아토피피부염에 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 모두 미치는 것으로 나타났다[14]. 현재까지 운동이 아토피피부염에 미치는 효과에 관한 연구들이 Table 1에 제시되고 있다. Orita et al. [15]은 마우스 모델에서 트레드밀 운동(25 m/min for 90 min)은 피부 증상을 악화시키며 트레드밀 운동(20 m/min for 60 min)은 호전시키는 경향을 보고하였고, 고강도 운동 후 혈장에서 Transforming growth factor-beta (TGF-β), Alpha-Melanocyte stimulating hormone (α-MSH), Substance p (SP) 농도가 증가하였으며 트레드밀 운동(20 m/min for 60 min) 후에는 감소된 것을 관찰하면서 이러한 결과는 운동으로 인한 스트레스가 아토피피부염에 중요한 역할을 한다는 것을 보고하였다. Kim [16]은 마우스 모델에서 저강도 타워 클라이밍 저항 운동(Low-intensity tower climbing resistance exercise)을 실시한 결과 표피/진피의 두께 감소와 혈청 IgE 수치를 하향 조절하고 전염증성 사이토카인의 mRNA 발현을 억제하였으며, 림프절의 크기와 무게가 감소된 것을 보고하였다. 다른 연구보고에 의하면 유산소운동으로 마우스 모델에서 유산소 운동이 피부염 증상, 표피/진피 두께, 호산구 침윤의 감소와 IgE, Monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1) 및 Methylene dichloride (MDC)의 혈청 수치가 감소하였다고 보고하였다[17]. 또한, Choi et al. [18]은 마우스 모델에서 고강도 저항 훈련은 귀 조직에서 표피/진피 두께, 염증 세포의 피부 침윤의 감소와 혈청 IgE 수치와 병원성 사이토카인의 mRNA 발현을 억제하였으며, 림프절의 크기와 무게가 감소된 것을 보고하였다. Lee et al. [19]은 운동과 IgE가 면역력에 미치는 영향으로 노인 여성을 대상으로 12주간의 수중 운동이 IgE의 감소를 보고하였다. 또한, AI-

Sahab et al. [20]은 규칙적인 운동은 습진에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. 다양한 강도의 운동이 면역반응에 영향을 주고 아토피피부염에 긍정적인 결과가 보고되고 있다. 그러나 Kim et al. [21]은 마우스 모델에서 고강도 수영 운동은 아토피피부염 증상을 증가시켰으며 운동 스트레스로 인해 IL-5 및 IL-31 생산을 증가시켜 IgE 수치의 자극을 통해 아토피피부염 증상을 유발할 가능성을 제시하였다. 이러한 결과 운동과 아토피피부염의 독자적인 연구보다는 다른 질병과 다양

한 각도에서 연구가 필요하다 사료된다.

2. 아토피피부염이 신체활동에 미치는 영향

아토피피부염은 개인의 수면, 정서적, 정신적 건강, 신체활동 및 사회적 기능에 영향을 미쳐 삶의 질을 저하시키며[22] 가려움증이 신체활동에 미치는 영향은 가벼운 신체활동, 중간 정도의 신체활동 및 격렬한 신체활동과 반비례한다[23]. 아토피피부염은 환자군의 운동 의지와

Table 1. Effects of exercise on atopic dermatitis

Subject	Sex	Age	Exercise protocols	Results	Authors
Mice	F	7 week	Treadmill exercise: 16 m/min, 30 min/day for 9 days	↓ Serum levels of IgE, MCP-1, MDC	Son et al. [15]
Mice	F	7 week	Treadmill exercise: 16 m/min, 10 min × 3/day for 9 days	↓ Serum levels of IgE, MCP-1, MDC	Son et al. [15]
Human	F	72.85 ± 3.87 yr	Aquatic exercise: 60 min/day, 3 day/week for 12 weeks	↓ Serum levels of IgE	Lee et al. [17]
Mice	M	7 week	Treadmill exercise: 20 m/min, 60 min/day for 4 days	↓ Plasma levels of TGF-β, α-MSH, substance P	Orita et al. [15]
Mice	F	8 week	Low-intensity tower climbing resistance exercise: The mice climbed a vertical ladder with progressively increasing resistance for 4 weeks, reaching the top and resting for 90 seconds after each climb, until they were able to complete eight repetitions.	↓ Serum IgE and IgG2a levels, mRNA expression of pro-inflammatory cytokines	Kim [13]
Mice	F	8 week	High-intensity resistance training: The mice underwent a 4-week training program involving climbing a vertical ladder with progressively increasing resistance, starting with 10% of their body weight and reaching 100% by the final week.	↓ Serum IgE level, Th2/Th1 Cytokine	Choi et al. [15]
Human	M/F	13-14 yr	Exercising regularly	↓ Eczema risk	Al-Sahab et al. [17]
Mice	F	6 week	High-intensity swimming exercise: Mice acclimated to water for two days, followed by intermittent swimming (10 min with 5 min rest on days 3-4, 15 min with 5 min rest on days 4-7), then continuous 30-min swimming from day 8.	↓ Serum levels of IgE, cytokines IL-5 and IL-31	Kim et al. [18]
Mice	M	7 week	Treadmil exercise: 25 m/min, 90 min/day for 4 days	↓ Plasma levels of TGF-β, α-MSH, substance P	Orita et al. [12]

α-MSH, α-melanocyte-stimulating hormone; IgE, immunoglobulin e; IgG2a, immunoglobulin g; IL, interleukin; MCP-1, monocyte chemoattracted protein-1; MDC, macrophage-derived chemokine; TGF-β, Transforming growth factor-β.

Table 2. Effects of atopic dermatitis on physical activity

Subject	Study design	Results	Authors
AD patients (18-97 yr, n=955)	Cross-sectional	↓ Physical activity ↑ Severe disease, itch severity	Schwartzman et al. [9]
AD patients (13-19 yr, n=27)	Cross-sectional	↓ Exercise capacity, lower exercise volume, self-confidence	Yand et al. [25]
AD patients (13-19 yr, n=117,343)	Cross-sectional	↓ Physical activity	Kong et al. [26]
AD patients (20-80 yr, n=200)	Cross-sectional	↓ Physical activity, work effectiveness, daily activities	Chan et al. [27]
AD patients (20-34 yr, n=110)	Cross-sectional	= Physical activity	Lonne-Rahm et al. [28]
AD patients (12-18 yr, n=53,769)	Cross-sectional	↓ Sedentary habits, sleep time ↑ Physical activity	Lim et al. [29]
AD patients (6-17 yr, n=133,107)	Cross-sectional	↓ Vigorous physical activity, sports participation ↑ Screen time	Strom et al. [30]

AD, atopic dermatitis.

운동량을 감소시켜 성인과 청소년의 신체활동 수준에 부정적인 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다[24] (Table 2). Schwartzman et al. [9]은 아토피피부염이 있는 성인의 경우 질병이 더 심하고 가려움증이 심할수록 신체활동 수치가 감소하는 것으로 보고하고 있다. 또한, Yand et al. [25]은 아토피피부염이 있는 청소년은 아토피피부염이 없는 청소년에 비해 운동 능력이 낮고 주간 운동량도 낮으며 운동 동기 및 자기 효능감이 저하된 것으로 보고하고 있다. 아토피피부염은 신체활동감소와 관련이 있으며 Chan et al. [27]은 아토피피부염이 일상 활동을 크게 저하시켜 신체활동에도 영향을 미친다는 결과를 보고하고 있다. 또한 Kong et al. [26]은 더 심각한 질병을 가진 환자는 가려움증으로 인해 신체활동 수준이 낮다고 보고하고 있다. Lim et al. [29]은 한국 청소년의 신체활동이 높을수록 아토피피부염과 긍정적인 연관이 있다고 보고하고 있다. Strom et al. [30]은 아토피질환이 있는 아동은 수면장애를 동반함과 동시에 좌식생활을 할 확률이 높아 삶의 질이 저하되며 이에 운동참여를 적극적으로 실시해야 한다고 보고되고 있다. 다른 연구보고에 의하면 아토피환자와 통제군 모두 동일한 수준의 신체활동을 보이며 아토피피부염 증상으로 인해 적당한 신체활동이 장애가 되지 않은 것으로 보고되고 있다[28]. 이러한 결과는 아토피피부염이 신체활동에 부정적인 결과를 도출할 수 있었다. 그러나 그와 상반되는 연구를 제시함으로써 추후 신체활동에 영향을 미치는 요인에 대한 추가적인 연구가 필요하다 사료된다.

결론

자가면역질환인 아토피피부염과 운동 및 신체활동에 관한 연구는 운동과학에서 매우 가치 있는 연구이다. 연구 결과에 의하면 아토피피부염의 다양한 면역학적 원인을 운동이 조절한다는 연구자료를 바탕으로 아토피피부염 제어 가이드라인으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 그동안 미흡했던 아토피피부염과 운동 및 신체활동을 통해 미치는 영향 및 호전과 악영향에 관련된 연구를 제시했다는 것에 의의가 있다. 본 연구를 통하여 아토피피부염에서 혈청 IgE를 운동이 하향 조절하며, MCP-1 및 사이토카인을 조절하여 호전가능성을 제시하였다. 또한, 아토피피부염 및 습진과 같은 피부염환자들에게 신체활동 지수를 저하시킨다는 결과를 도출하였다. 고강도 수영운동이 Serum IgE 레벨을 상향조절하고 사이토카인인 IL-5, IL-13을 조절하며, 고강도 트레드밀 운동이 혈장 TGF-beta를 상향조절하여 아토피피부염에 악영향을 줄 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 고강도 운동이 아토피피부염을 완화시킨다는 상반된 연구제한점이 있다. 이를 통하여 본 연구자는 만성피부질환인 아토피피부염의 추가적인 연구를 통한 종단적 자료수집과 분석을 통해 다각적인 연구가 필요하다 사료된다.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: EJ Choi; Data curation: EJ Choi; Formal analysis: EJ Choi; Funding acquisition: EJ Choi; Methodology: EJ Choi; Project administration: EJ Choi; Visualization: EJ Choi; Writing - original draft: EJ Choi; Writing - review & editing: EJ Choi.

ORCID

Eun-Ju Choi

<https://orcid.org/0000-0001-8205-5846>

REFERENCES

- Langan SM, Irvine AD, Weidinger. Atopic dermatitis. *Lancet*. 2020; 396(10247):345-60. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31286-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31286-1)
- Bylund S, Kobyletzki LB, Svalstedt M, Svenssion Å. Prevalence and incidence of Atopic dermatitis: a systematic review. *Acta Derm Venereol*. 2020;100(12):adv00160. <https://doi.org/10.2340/00015555-3510>
- Lee YD, Kim JD. A Study on the actual use and satisfaction level of moisturizers for atopic dermatitis for children. 2022;12(2):279-93.
- Li H, Zhang Z, Zhang H, Guo Y, Yao Z. Update on the pathogenesis and therapy of atopic dermatitis. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2021; 61(3):324-38. <https://doi.org/10.1007/s12016-021-08880-3>
- Lee HS, Kim J, Choi HG, Kim EK, Jun CD. Licoricidin abrogates t-cell activation by modulating PTPN1 activity and attenuates atopic dermatitis in vivo. *J Invest Dermatol*. 2021;141(10):2490-8.e6. <https://10.1016/j.jid.2021.02.759>
- Choi EJ, Choi JK. Extracts of *Grifola frondosa* inhibit the MAPK signaling pathways involved in keratinocyte inflammation and ameliorate atopic dermatitis. *Nutr Res Pract*. 2023;17(6):1056-69. <https://10.4162/nrp.2023.17.6.1056>
- Julius GC, Lee JH. Challenges and future trends in atopic dermatitis. *Int J Mol Sci*. 2023;24(14):11380. <https://doi.org/10.3390/ijms241411380>
- Choi M, Kim MJ, Kim SJ. Factors Affecting the improvement of adult atopic dermatitis in their 20s and 30s: the seventh Korean national health and nutrition examination survey, 2016-2018. *Korean J Fam*

- Pract. 2020;10(6):431-5. <https://doi.org/10.21215/kjfp.2020.10.6.431>
9. Schwartzman G, Lei D, Ahmed A, Chavda R, Gavriel S, et al. Association of adult atopic dermatitis severity with decreased physical activity: a cross-sectional study. *Dermatitis*. 2023;34(3):218-23. <https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000921>
10. Mitchell EA, Beasley R, Björkstén B, Crane J, García-Marcos L. The association between BMI, vigorous physical activity and television viewing and the risk of symptoms of asthma, rhinoconjunctivitis and eczema in children and adolescents: ISAAC phase three. *Clin Exp Allergy*. 2013;43(1):73-84. <https://doi.org/10.1111/cea.12024>
11. Kwak YS. The Scientific Analysis of physical anaphylaxis and FDEIA. *Exerc Sci*. 2015;24(3):217-24. <https://doi.org/10.15857/ksep.2015.24.3.217>
12. Acharya D, Bajgain BB, Yoo SJ. Factors associated with atopic dermatitis and allergic rhinitis among residents of Two Municipal Areas in South Korea. *Medicina(Kaunas)*. 2019;55(5):131. <https://doi.org/10.3390/medicina55050131>
13. Rotter G, Teut M, Binting S, Michalsen A, Ortiz M, et al. Lifestyle behaviors in patients with atopic dermatitis: results of a cross-sectional study following a randomized controlled trial. *Complement Med Res*. 2022;29(6):419-28. <https://doi.org/10.1159/000527107>
14. Williams JR, Burr ML, Williams HC. Factors influencing atopic dermatitis- a questionnaire survey of schoolchildren's perceptions. *Br J Dermatol*. 2004;150(6):1154-61. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2004.05869.x>
15. Orita K, Hiramoto K, Inoue R, Sato E, Kobayashi H, et al. Strong exercise stress exacerbates dermatitis in atopic model mice, NC/Nga mice, while proper exercise reduces it. *Experimental Dermatology*. 2010;19(12):1067-72. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2010.01130.x>
16. Kim J. Low-intensity tower climbing resistance exercise reduces experimentally induced atopic dermatitis in mice. *J Exerc Rehabil*. 2019;15(4):518-25. <https://doi.org/10.12965/jer.1938276.138>
17. Son WK, Yoon W, Kim S, Byeon JH, Lee JS, et al. Can moderate-intensity aerobic exercise ameliorate atopic dermatitis? *Exp Dermatol*. 2020;29(8):699-702. <https://doi.org/10.1111/exd.14138>
18. Choi EJ, Cho KC, Kim J. High-intensity resistance training suppresses exacerbation of atopic dermatitis in mice. *Exerc Sci*. 2020;29(4):443-9. <https://doi.org/10.15857/ksep.2020.29.4.443>
19. Lee E, Lim ST, Kim WN. Aquatic exercise for improving immune function and mental stress in pre-frailty elderly women. *J Women Aging*. 2021;33(6):611-9. <https://doi.org/10.1080/08952841.2020.1735287>
20. Al-Sahab B, Atoui M, Musharrafieh U, Zaitoun F, Ramadan F, et al. Epidemiology of eczema among Lebanese adolescents. *Int J Public Health*. 2008;53(5):260-7. <https://doi.org/10.1007/s00038-008-7085-2>
21. Kim SH, Kim EK, Choi EJ. High-intensity swimming exercise increases dust mite extract and 1-Chloro-2,4-dinitrobenzene-derived atopic dermatitis in BALB/c Mice. *Inflammation*. 2014;37:1179-85. <https://doi.org/10.1007/s10753-014-9843-z>
22. Koszorú K, Borza J, Gulácsi L, Sárdy M. Quality of life in patients with atopic dermatitis. *Cutis*. 2019;104(3):174-7.
23. O'Connor C, McCarthy S, Murphy M. Pooling the evidence: a review of swimming and atopic dermatitis. *Pediatric Dermatology*. 2023;40(3):407-12. <https://doi.org/10.1111/pde.15325>
24. Đurović MR, Janković J, Spirić VT, Relić M, Timotijević ZS. Does age influence the quality of life children with atopic dermatitis? *PLoS One*. 2019;14(11):e0224618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224618>
25. Yand TH, Chen PC, Lim YC, Lee YY, Tseng YH, et al. Adolescents with atopic dermatitis have lower peak exercise load capacity and exercise volume compared with unaffected peers. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16):10285. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610285>
26. Kong S, Koo J, Lim SK. Associations between stress and physical activity in Korean adolescents with atopic dermatitis based on the 2018-2019 Korea youth risk behavior web-based survey. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8175. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218175>
27. Chan TC, Lin YC, Cho YT, Tang CH, Chu CY. Impact of atopic dermatitis on work and activity impairment in Taiwan. *Acta Derm Venereol*. 2021;101(9):adv00556. <https://doi.org/10.2340/00015555-3918>
28. Lonne-Rahm SB, Sundström I, Nordlind K, Engström LM. Adult atopic dermatitis patients and physical exercise: a swedish questionnaire study. *Acta Derm Venereol*. 2014;94(2):185-7. <https://doi.org/10.2340/00015555-1556>
29. Lim MS, Lee CH, Sim S, Hong SK, Choi HG. Physical activity, sedentary habits, sleep, and obesity are associated with asthma, allergic rhinitis, and atopic dermatitis in Korean adolescents. *Yonsei Med J*. 2017;58(5):1040-6. <https://doi.org/10.3349/ymj.2017.58.5.1040>
30. Strom MA, Silverberg JI. Associations of physical activity and sedentary behavior with atopic disease in united states children. *J Pediatr*. 2016;174:247-53.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.03.063>