

면역체계와 연관된 척추의 잠재적 역할에 대한 통찰

조일영^{1*}, 최현석²

¹전주대학교 의과대학 운동처방학과 교수, ²전주대학교 스포츠의학과 석사과정

Insight Into the Potential Role of the Spine in Relation to the Immune System

Il-Young Cho^{1*}, Hyun-Seok Choi²

¹Professor, College of Medical Sciences, Jeonju University

²MS.student, Department of Sports Medicine, Jeonju University

요약 비정상적인 척추 질환 및 기능은 단순한 근-골격계 문제 외에도 항상성을 방해하고 직·간접적인 생리적 부작용을 일으킬 수 있다. 특히 척추를 통해 나오는 신경이 면역체계를 조절하는 기관에 적절한 신호를 전달하지 못하면 면역 기능의 일부 또는 전부에 문제가 생겨 더 많은 질병에 노출될 수 있다. 이 연구는 기본적인 해부학 및 생리학적 지식에 초점을 맞추고 척추 기능이 잠재적으로 면역 기능을 유지하거나 개선하는 데 도움이 될 수 있는 잠재적 메커니즘을 고찰하고자 한다. 이를 위해 조절, 스트레스, 호흡, 척추와 신경의 관계, 면역체계와 관련된 척추의 역할을 살펴보고 이러한 역할이 면역기능에 영향을 미칠 수 있음을 확인한다.

키워드 : 척추, 면역기능, 자율신경계, 뇌척수액 흐름, 스트레스 해소

Abstract Abnormal spinal disease and function, in addition to simple musculoskeletal problems, can disrupt homeostasis and cause direct and indirect physiological side effects. Part or all of the immune function can be compromised, exposing you to more disease, especially if the nerves running through your spine do not deliver the proper signals to the organs that regulate your immune system. This study focuses on basic anatomic and physiological knowledge and seeks to consider potential mechanisms by which spinal function may potentially help maintain or improve immune function. To this end, we examine the roles of the spine in relation to hematopoiesis, stress, respiration, spine-nerve relationships, and the immune system, and confirm that these roles may influence immune function.

Key Words : Spinal column, Immune function, Autonomic nervous system, CSF flow, Stress release

This study was supported by the Research Program funded by the Jeonju University.

*Corresponding Author : Il-Young Cho(chirottrust@jj.ac.kr)

Received January 9, 2023

Accepted February 20, 2023

Revised January 18, 2023

Published February 28, 2023

1. 서론

현대인의 건강과 관련하여 척추(spinal column)의 건강 유지는 매우 중요하다. 이는 업무를 위해 장시간 앉아 있거나 일과 중 낮은 활동 패턴을 보여주는 현대인의 특성이 척추에 주어지는 부하를 가중함으로써 만성요통은 물론 근·골격계 이상 등과 같은 증상을 만들어 정상적인 생활에 제약을 줄 수 있기 때문이다[1,2].

한편 척추는 신경을 보호하는 매우 중요한 장기이며 신경과 장기를 연결하는 소통을 위한 물리적 통로이다. 따라서 척추의 비정상적 기능이나 병증은 단순히 근·골격계 문제 이외에도 항상성의 방해를 통한 직·간접적인 생리학적 부정 효과를 가져올 수 있다. 특히 척추로부터 나온 신경이 면역기관을 관장하는 장기에 적절한 신호를 전달하지 못할 경우 일부 혹은 전체적인 면역기능에 문제가 될 수 있을 것이며 더 많은 질병에 노출될 수 있을 것이다[3].

최근 2019년 12월 중국 우한에서 원인 불명의 폐렴으로부터 발생한 COVID-19의 창궐은 2023년인 현재까지도 수많은 생명을 앗아가는가 하면 생활의 방식에 많은 영향을 미치고 있으므로[4] 그 어느 때보다 개인이나 사회적으로도 인체 면역에 대한 관심이 높아지고 있는 것이 사실이다[5].

따라서 이러한 관심을 수용하기 위해 본 연구는 척추의 해부생리학적 근거를 중심으로 척추의 중요한 기능들을 다시 확인하고 이들 기능들이 면역기관 또는 면역기능과 어떤 연관성을 가질 수 있을지에 대해 논의함으로써 이후 면역기능 향상 또는 유지를 위한 잠재적 척추의 역할에 대한 아이디어를 제공하고자 한다.

2. 척추-신경-면역기관 관계

인체의 생명유지를 위해 우리의 몸은 항상성을 유지한다. 항상성에 문제가 생길 경우 거의 모든 질병으로부터 자유롭지 못하게 되므로 우리 인체 내 모든 기관은 항상성을 위해 또는 항상성에 의해 통제되고 있다[6]. 한편 항상성을 조절하기 위한 방법으로 인체는 신경계와 내분비계를 활용하고 있다[7]. 심지어 이들 두 기관은 면역기관과도 매우 밀접하게 연결되어 해당 기관의 조절에 영향을 미치고 있다[8,9]. 다만 신경은 매우 연약한 물리적 특성으로 인해 척추의 보호를 받고 있으며, 척추는 신경과 장기 사이의 연결을 제공하는 통로의 역할을 하고 있

다[10]. 따라서 척추의 물리적 변화는 신경의 통로가 되는 척추관(spinal canal)이나 척추사이공간(intervertebral foramen)의 변화를 통해 신경으로부터 표적기관(target organ)에 이르는 적절한 신호를 방해함으로써 해당 기관인 면역기관에 부정적 영향을 통해 면역기능을 떨어뜨릴 수 있을 것이다.

3. 조혈

조혈은 혈액을 생성하는 활동으로써 모든 혈액을 구성하는 세포는 조혈줄기세포(Haematopoietic stem cells)에서부터 파생되며[11] 이들 조혈줄기세포는 뼈의 골수에 상주하며 이후 필요에 따라 여러 유형의 성숙한 혈액 세포로 분화할 수 있게 된다[12]. 한편, 배아시기의 발달과정 중 비장, 간, 림프절에서 조혈이 일어나게 되지만 이후 골수의 발달로 인해 결국 혈액세포를 형성하는 작업은 골수가 맡게 된다(Fig. 1). 더 나아가 소아에서 조혈은 대퇴골이나 경골과 같은 긴뼈의 골수에서 발생하지만 성인의 경우 주로 골반, 두개골, 척추, 흉골에서 발생한다[12,13]. 따라서 척추는 우리 몸에서 매우 중요한 '조혈기관 중 하나이다.'라고 할 수 있다.

한편, 여러 가지 혈구를 생산해 내는 조혈 중 특히 백혈구의 생성은 우리 면역체계에 간간이라 할 수 있는데 조혈활동은 자율신경계에 의해 조절되고 있는 항상성의 일부 기능이다[14]. 따라서 척추의 보호를 받고 있는 일부 자율신경이 비정상적인 물리적, 화학적 방해를 받을 경우 해당 조절 기능에 이상이 생길 수 있다.

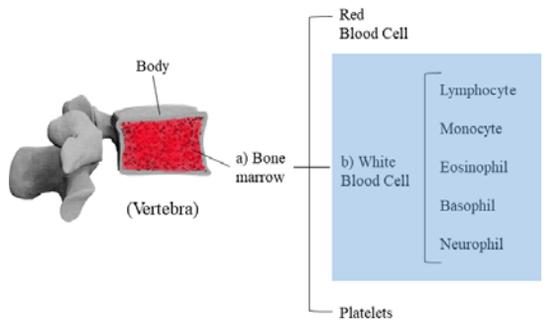


Fig. 1. Hematopoiesis: a) a site of Hematopoietic stem cell located: vertebral bone marrow, b) differentiated cells of the immune system: in blue box

4. 척주와 스트레스

4.1 스트레스와 면역

일반적으로 질병 또는 스트레스 자극에 노출될 경우 면역세포들의 역할로 인한 염증반응이 일어나며 면역반응을 유도한다. 한편 면역반응은 스트레스에 의해 영향을 받는데[15] 스트레스는 단지 정신적인 스트레스뿐 아니라 긴장을 유발하고 질병의 원인이 될 수 있는 물리적, 화학적 또는 정서적 요인을 통틀어 이야기 한다고 하였다[16]. 스트레스에 노출된 인체는 교감 신경계를 통해 투쟁-도피 반응을 활성화하고 HPA 축을 통해 대사, 심리, 면역기능과 같은 많은 신체 기능에 영향을 미치는 코르티솔을 방출하게 된다[17]. 일반적으로 지속적인 코르티솔의 방출은 면역의 저하를 가져오는 것으로 알려져 있으며 이러한 현상을 줄이기 위해 스트레스 요소를 없애거나 줄이는 방법을 통해 면역력 저하를 줄일 수 있을 것이다. 더불어 스트레스 발생 시 동반되는 교감신경계 활성화나 코르티솔의 방출을 조절하기 위해 부교감신경의 활성화를 이용하는 방법을 고려할 수도 있다[18]. 아울러 근래 콜린성 항염증 경로(cholinergic anti-inflammatory pathway)가 규명됨으로 인해 면역반응을 조절하는 부교감신경계의 역할이 주목받고 있는데, 콜린성 및 억제성 비아드레날린성-비콜린성 신경 조절 (NANC: Nonadrenergic Noncholinergic neural control)을 통해 방출되는 전형적인 신경전달물질이나 신경펩타이드는 비만세포 활동을 조절할 수 있다는 근거는 부교감신경이 면역에 기여할 수 있는 가능성에 대한 좋은 예 중

하나라 할 수 있다.

4.2 호흡과 스트레스 이완

부교감신경의 생리학적 장점 활용을 위해 부교감신경 활성화를 위한 여러 방법들이 제시되고 있다[19-21]. 특히 이들 방법 중 부교감신경 조절을 유도하는 명상이나 명상과 함께 수행되는 호흡법은 스트레스 조절을 위해 매우 잘 알려진 방법이다[22,23].

4.3 척주와 호흡

스트레스 이완을 위한 명상 또는 명상호흡은 원활한 호흡에 기초한다[24]. 그러므로 각 명상법마다 효과 결과의 차이로 인해 호흡의 중요성이 언급되며 종종 서로 다른 호흡법을 제공하거나 따라줄 것을 권고하기도 한다[25-27]. 하지만 결국 원활한 호흡을 위해서는 호흡과 연관된 주요 기관들의 역할들이 중요하며 이에 대해 어떤 해부생리학적 요소가 스트레스 이완과 연결될 수 있는지 확인할 필요가 있다. 따라서 이러한 호흡을 통한 스트레스 이완의 메커니즘(Fig. 2)을 척주와 호흡의 연관관계를 통해 이야기할 수 있다면 척추가 어떻게 면역기관에 기여하고 있는지에 대해 설명할 수 있을 것이다.

4.3.1 갈비뼈(Ribs)

갈비뼈는 1번째 등뼈로부터 12번째 등뼈에 붙어 있으며 앞쪽으로는 몇몇 뜯 갈비뼈를 제외하고는 모두 직·간접적으로 복장뼈와 연접해 있다. 이들 관절은 윤희평면

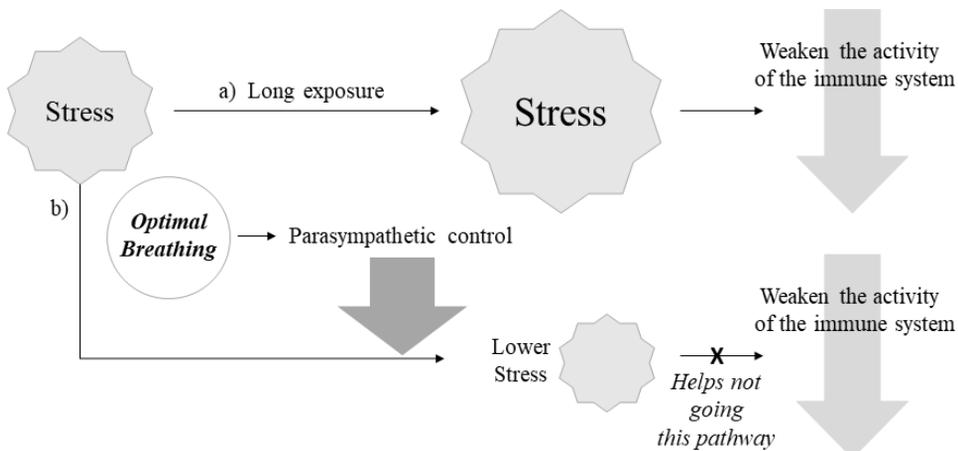


Fig. 2. Stress and immune response: a) without parasympathetic control, b) with parasympathetic control by breathing

관절(synovial plane joint)으로 호흡 시 관절의 운동을 통해 흉곽을 넓히거나 좁힘으로써 허파 내 압력을 조절하여 호흡을 할 수 있도록 한다. 다시말해 갈비뼈는 늑간근 수축을 폐용적 확장(lung volume expansion)으로 전환함으로써 호흡을 하는데 매우 중요한 역할을 하게 되는 것이다[28].

하지만 연결된 척주의 비정상적인 운동가동성의 감소는 이들 갈비뼈 및 관절 운동가동범위에 감소를 가져오게 되며 이를 통해 정상적인 호흡이 어렵게 되기도 한다. 이러한 상황은 대표적 강직성 척추염(Ankylosing spondylitis) 이학적 검사인 'Chest Expansion Test' 배경 이론을 통해 참고될 수 있다.

강직성 척추염은 인대 삽입부 또는 골부착부 및 관절, 특히 축골격(axial skeleton)의 염증을 특징으로 하는 상태로써 흉부 주변의 수많은 관절에서 발생할 수 있으며 흉벽의 움직임 제한한다[29]. 따라서 위 내용을 종합해 볼 때 척주의 물리적인 운동감소는 갈비뼈의 운동을 제한하고 정상적인 호흡에 부정적인 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

4.3.2 횡격막(Diaphragm)

횡격막은 다양한 생리학적 역할을 하는데 횡격막의 말초 주요 신경 분포는 횡격막신경과 미주신경에 의해 이루어진다[30]. 특히 횡격막신경은 미주신경과 연결되어 있어 전신계통에 영향을 주 수 있으며[31] 복강내 내압을 조절하여 자세의 안정성, 배변, 배뇨 및 분만을 조절하기도 하고 대사의 균형은 물론 복강 내 림프계와도 관련이 있다[32,33].

한편, 횡격막 호흡법(diaphragmatic breathing)은 해당 미주신경을 자극함으로써 부교감신경 유도에 의한 이완 반응을 가져올 수 있다고 하였으며[34]. 더불어 산화스트레스의 감소[35]나 수면장애 완화[36,37]에도 도움을 줄 수 있으므로 해당 경로를 통한 스트레스 완화와 면역기관에 미치는 긍정적 영향을 기대할 수 있을 것이다.

한편, 효과적인 횡격막의 수축은 복부순환펌프에 기여하고 정맥순환을 통해 혈 역학적 이점을 초래한다고 하였다. 또한 Willeput, R등은 횡격막의 활용방법에 따라 하지로부터의 정맥환류에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였고[38] 호흡을 통해 정맥환류에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있는 또 다른 연구 결과들도 찾아볼 수 있었

다[39,40]. 이러한 사실들을 기반할 때 호흡기능 이상은 정맥환류의 방해로 유도하고 림프환류의 방해로 인해 면역기능의 저하를 유도할 수 있는 가능성이 있음을 추론할 수 있다.

4.3.3 뇌척수액의 역할

뇌척수액의 기능은 부력을 통해 뇌 하부에 원활한 혈액을 공급함으로써 뇌신경의 괴사를 방지하고 외부로부터 가해지는 물리적 자극에 대해 뇌를 보호하며 신경내분비인자 분포의 항상성 조절을 통해 화학적 안정을 갖도록 한다[41]. 또한 뇌세포의 활동 및 대사 결과 생산된 독소와 노폐물을 뇌조직의 세포 사이질액에서 제거하는 역할을 담당하기도 한다[42]. 하지만 이러한 사실 이외에도 대부분의 면역세포들이 뇌척수액과 많은 연관관계를 가지고 있다[43,44]는 것은 뇌척수액의 순환이 면역체계와도 무관하지 않다는 것을 방증한다. 한편 뇌척수액의 순환은 호흡을 통해 도움을 받을 수 있으며[45,46] 이러한 작용은 뇌척수액의 원활한 순환을 통해 항상성을 유지하는데 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 척주는 호흡-뇌척수액 순환-항성성유지-면역기능의 정상적 활동을 연결하는 매우 중요한 인체 구조물이라고 할 수 있을 것이다.

5. 척주중재와 면역반응

위 중요성들이 반영된 척주의 건강 유지가 면역시스템에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 증명하려면 척주의 건강을 위한 중재방법이 면역에 긍정적인 영향을 미친다는 객관적 증거들로 설명할 수 있을 것이다.

Kovanur-Sampath K 등은 척주 조작이 Substance P, 뉴로텐신(Neurotensin), 옥시토신(Oxytocin) 및 인터루킨(Interleukin) 수치를 증가시킬 수 있으며 개입 후 코르티솔 수치에 영향을 미칠 수 있다고 하였으며[47] 급성 비특이성 기계적 목통증(acute non-specific mechanical neck pain)을 대상으로 한 연구에서는 척주의 중재가 옥시토신, 뉴로텐신, 오릭신(Orexin)등 세 가지 신경펩티드를 크게 증가시켰다고 하였다[48]. 이외에도 IL-2의 상승[49], CD4 세포 레벨의 증가[50], TNF- α 레벨의 감소[51] 등 척주의 중재가 면역기능에 긍정적 변화를 가져왔음을 증거함으로써 척주와 면역 간에 관계가 있음을 가늠하는 데 도움이 될 수 있다.

6. 결론

신경과 장기 사이의 연결 통로 역할을 하는 척추의 비정상적인 기능 및 질환은 근·골격계 문제뿐만 아니라 면역체계를 조절하는 기관에 전달되는 적절한 신호를 방해할 수 있으며, 비정상적인 조혈활동, 호흡과 관련된 스트레스 해소 중재의 휘방, 뇌척수액의 원활한 순환 방해 등을 통해 인체의 정상적인 면역 활동에 제약을 만들 수 있다. 따라서 정상적인 척추의 건강 활동을 통해 직·간접적으로 면역기능에 관여할 수 있게 하는 것은 질병으로부터 인체를 지키거나 건강을 유지시키는 데 매우 중요하다 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Chae, D. H., Kim, S. H., & Lee, C. Y. (2013). A study on gender differences in influencing factors of office workers' physical activity. *Journal of Korean Academy of Community Health Nursing*, 24(3), 273-281. DOI : 10.12799/jkachn.2013.24.3.273
- [2] Heneghan, N. R., Baker, G., Thomas, K., Falla, D., & Rushton, A. (2018). What is the effect of prolonged sitting and physical activity on thoracic spine mobility? An observational study of young adults in a UK university setting. *BMJ open*, 8(5), e019371. DOI : 10.1136/bmjopen-2017-019371
- [3] Kenney, M. J., & Ganta, C. K. (2014). Autonomic nervous system and immune system interactions. *Comprehensive physiology*, 4(3), 1177. DOI : 10.1002/cphy.c130051
- [4] Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W. C., Wang, C. B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 57(6), 365-388. DOI : 10.1080/10408363.2020.1783198
- [5] Amelia, L., & Syakurah, R. A. (2020). Analysis of public search interest towards immune system improvement during the COVID-19 pandemic using google trends. *Int J Public Heal Sci*, 9(4), 414-20. DOI : 10.11591/ijphs.v9i4.20518
- [6] Kotas, M. E., & Medzhitov, R. (2015). Homeostasis, inflammation, and disease susceptibility. *Cell*, 160(5), 816-827. DOI : 10.1016/j.cell.2015.02.010
- [7] Kim, B. H., Yoon, H., Park, K. H., Lee, D. H., Park, D. G., Cho, K. J., ...& Lee, Y. I. (2017). (*Martin*) Essentials of Anatomy & Physiology. Anyang City: Biosciencepublish Inc.
- [8] Eskandari, F., & Sternberg, E. M. (2002). Neural-immune interactions in health and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 966(1), 20-27. DOI : 10.1111/j.1749-6632.2002.tb04198.x
- [9] Kelley, K. W. (1988). Cross-talk between the immune and endocrine systems. *Journal of animal science*, 66(8), 2095-2108. DOI : 10.2527/jas1988.6682095x
- [10] Cramer, G. D., & Darby, S. A. (2005). Basic and clinical anatomy of the spine, spinal cord, and ANS-E-Book. Lombard: Mosby Inc.
- [11] Monga, I., Kaur, K., & Dhanda, S. K. (2022). Revisiting hematopoiesis: applications of the bulk and single-cell transcriptomics dissecting transcriptional heterogeneity in hematopoietic stem cells. *Briefings in Functional Genomics*, 21(3), 159-176. DOI : 10.1093/bfpg/elac002
- [12] Birbrair, A., & Frenette, P. S. (2016). Niche heterogeneity in the bone marrow. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 1370(1), 82-96. DOI : 10.1111/nyas.13016
- [13] Fernández, K. S., & de Alarcón, P. A. (2013). Development of the hematopoietic system and disorders of hematopoiesis that present during infancy and early childhood. *Pediatric Clinics*, 60(6), 1273-1289. DOI : 10.1016/j.pcl.2013.08.002
- [14] Hanoun, M., Maryanovich, M., Arnal-Estapé, A., & Frenette, P. S. (2015). Neural regulation of hematopoiesis, inflammation, and cancer. *Neuron*, 86(2), 360-373. DOI : 10.1016/j.neuron.2015.01.026
- [15] Segerstrom, S. C., & Miller, G. E. (2004). Psychological stress and the human immune system: a meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Psychological bulletin*, 130(4), 601. DOI : 10.1037/0033-2909.130.4.601
- [16] Merriam-Webster(2022). stress. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/stress>

- [17] Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological bulletin*, *130*(3), 355. DOI : 10.1037/0033-2909.130.3.355
- [18] Sands, R. (2002). The power of the parasympathetic nervous system. *Stress News*, *14*(4), 14-21. Management Books 2000.
- [19] Diego, M. A., & Field, T. (2009). Moderate pressure massage elicits a parasympathetic nervous system response. *International Journal of Neuroscience*, *119*(5), 630-638. DOI : 10.1080/00207450802329605
- [20] Brown, R. P., & Gerbarg, P. L. (2005). Sudarshan Kriya yogic breathing in the treatment of stress, anxiety, and depression: part I—neurophysiologic model. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, *11*(1), 189-201. DOI : 10.1089/acm.2005.11.189
- [21] Brown, R. P., Gerbarg, P. L., & Muench, F. (2013). Breathing practices for treatment of psychiatric and stress-related medical conditions. *Psychiatric Clinics*, *36*(1), 121-140. DOI : 10.1016/j.psc.2013.01.001
- [22] Goldin, P. R., & Gross, J. J. (2010). Effects of mindfulness-based stress reduction (MBSR) on emotion regulation in social anxiety disorder. *Emotion*, *10*(1), 83. DOI : 10.1037/a0018441
- [23] Perciavalle, V., Blandini, M., Fecarotta, P., Buscemi, A., Di Corrado, D., Bertolo, L., ... & Coco, M. (2017). The role of deep breathing on stress. *Neurological Sciences*, *38*(3), 451-458. DOI : 10.1007/s10072-016-2790-8
- [24] Brown, R. P., & Gerbarg, P. L. (2009). Yoga breathing, meditation, and longevity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1172*(1), 54-62. DOI : 10.1111/j.1749-6632.2009.04394.x
- [25] Peng, C. K., Henry, I. C., Mietus, J. E., Hausdorff, J. M., Khalsa, G., Benson, H., & Goldberger, A. L. (2004). Heart rate dynamics during three forms of meditation. *International journal of cardiology*, *95*(1), 19-27. DOI : 10.1016/j.ijcard.2003.02.006
- [26] Beblo, T., Pelster, S., Schilling, C., Kleinke, K., Iffland, B., Driessen, M., & Fernando, S. (2018). Breath versus emotions: The impact of different foci of attention during mindfulness meditation on the experience of negative and positive emotions. *Behavior therapy*, *49*(5), 702-714. DOI : 10.1016/j.beth.2017.12.006
- [27] Villines, Z., Bubnis, D., & NASM-CPT, N. A. (2017). What is the best type of meditation. *Medical News Today*.
- [28] Cappello, M., & De Troyer, A. (2002). On the respiratory function of the ribs. *Journal of applied physiology*, *92*(4), 1642-1646. DOI : 10.1152/jappphysiol.01053.2001
- [29] Fisher, L. R., Cawley, M. I., & Holgate, S. T. (1990). Relation between chest expansion, pulmonary function, and exercise tolerance in patients with ankylosing spondylitis. *Annals of the rheumatic diseases*, *49*(11), 921-925. DOI : 10.1136/ard.49.11.921
- [30] Bordoni, B., Purgol, S., Bizzarri, A., Modica, M., & Morabito, B. (2018). The influence of breathing on the central nervous system. *Cureus*, *10*(6). DOI : 10.7759/cureus.2724
- [31] Kocjan, J., Adamek, M., Gzik-Zroska, B., Czyżewski, D., & Rydel, M. (2017). Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Advances in respiratory medicine*, *85*(4), 224-232. DOI : 10.5603/ARM.2017.0037
- [32] Bordoni, B., & Zanier, E. (2015). The continuity of the body: hypothesis of treatment of the five diaphragms. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, *21*(4), 237-242. DOI : 10.1089/acm.2013.0211
- [33] Ricoy, J., Rodríguez-Núñez, N., Álvarez-Dobaño, J. M., Toubes, M. E., Riveiro, V., & Valdés, L. (2019). Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology*, *25*(4), 223-235. DOI : 10.1016/j.pulmoe.2018.10.008
- [34] Lee, P. S. (1999). Theoretical bases and technical application of breathing therapy in stress management. *Journal of Korean Academy of Nursing*, *29*(6), 1304-1313. DOI : 10.4040/jkan.1999.29.6.1304
- [35] Martarelli, D., Cocchioni, M., Scuri, S., & Pompei, P. (2011). Diaphragmatic breathing reduces exercise-induced oxidative stress. *Evidence-Based Complementary and Alternative*

- Medicine*, 2011. DOI : 10.1093/ecam/nep169
- [36] Nanthakwang, N., Siviroj, P., Matanasarawoot, A., Sapbamrer, R., Lertrakarnnon, P., & Awiphan, R. (2020). Effectiveness of deep breathing and body scan meditation combined with music to improve sleep quality and quality of life in older adults. *The Open Public Health Journal*, 13(1). DOI : 10.2174/1874944502013010232
- [37] Gopichandran, L., Srivastava, A. K., Vanamail, P., Kanniammal, C., Valli, G., Mahendra, J., & Dhandapani, M. (2022). Effectiveness of Progressive Muscle Relaxation and Deep Breathing Exercise on Pain, Disability, and Sleep Among Patients With Chronic Tension-Type Headache: A Randomized Control Trial. *Holistic Nursing Practice*. DOI : 10.1097/HNP.0000000000000460
- [38] Willeput, R., Rondeux, C., & De Troyer, A. N. D. R. E. (1984). Breathing affects venous return from legs in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57(4), 971-976. DOI : 10.1152/jappl.1984.57.4.971
- [39] Kimura, B. J., Dalugdugan, R., Gilcrease III, G. W., Phan, J. N., Showalter, B. K., & Wolfson, T. (2011). The effect of breathing manner on inferior vena caval diameter. *European Journal of Echocardiography*, 12(2), 120-123. DOI : 10.1093/ejehocardiography/jeq157
- [40] Byeon, K., Choi, J. O., Yang, J. H., Sung, J., Park, S. W., Oh, J. K., & Hong, K. P. (2012). The response of the vena cava to abdominal breathing. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(2), 153-157. DOI : 10.1089/acm.2010.0656
- [41] Telano, L. N., & Baker, S. (2021). Physiology, cerebral spinal fluid. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing.
- [42] Iliff, J. J., Wang, M., Liao, Y., Plogg, B. A., Peng, W., Gundersen, G. A., ... & Nedergaard, M. (2012). A paravascular pathway facilitates CSF flow through the brain parenchyma and the clearance of interstitial solutes, including amyloid β . *Science translational medicine*, 4(147), 147ra111-147ra111. DOI : 10.1126/scitranslmed.30037
- [43] Lepennetier, G., Hracsko, Z., Unger, M., Van Griensven, M., Grummel, V., Krumbholz, M., ... & Kowarik, M. C. (2019). Cytokine and immune cell profiling in the cerebrospinal fluid of patients with neuro-inflammatory diseases. *Journal of neuroinflammation*, 16(1), 1-11. DOI : 10.1186/s12974-019-1601-6
- [44] Bakoyiannis, I. (2022). CSF: a key player in brain's immunity. *Lab Animal*, 51(7), 186-186. DOI : 10.1038/s41684-022-01005-z
- [45] Simon, M. J., & Iliff, J. J. (2016). Regulation of cerebrospinal fluid (CSF) flow in neurodegenerative, neurovascular and neuroinflammatory disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1862(3), 442-451. DOI : 10.1016/j.bbadis.2015.10.014
- [46] Aktas, G., Kollmeier, J. M., Joseph, A. A., Merboldt, K. D., Ludwig, H. C., Gärtner, J., ... & Dreha-Kulaczewski, S. (2019). Spinal CSF flow in response to forced thoracic and abdominal respiration. *Fluids and Barriers of the CNS*, 16(1), 1-8. DOI : 10.1186/s12987-019-0130-0
- [47] Kovanur-Sampath, K., Mani, R., Cotter, J., Gisselman, A. S., & Tumilty, S. (2017). Changes in biochemical markers following spinal manipulation—a systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 29, 120-131. DOI : 10.1016/j.msksp.2017.04.004
- [48] Lohman, E. B., Pacheco, G. R., Gharibvand, L., Daher, N., Devore, K., Bains, G., ... & Berk, L. S. (2019). The immediate effects of cervical spine manipulation on pain and biochemical markers in females with acute non-specific mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 27(4), 186-196. DOI : 10.1080/10669817.2018.1553696
- [49] Teodorczyk-Injeyan, J. A., Injeyan, H. S., McGregor, M., Harris, G. M., & Ruegg, R. (2008). Enhancement of in vitro interleukin-2 production in normal subjects following a single spinal manipulative treatment. *Chiropractic & Osteopathy*, 16(1), 1-9. DOI : 10.1186/1746-1340-16-5
- [50] Selano, J. L., Hightower, B. C., Pflieger, B., Collins, K. F., & Grostic, J. D. (1994). The

effects of specific upper cervical adjustments on the CD4 counts of HIV positive patients. *Chiropr Res J*, 3(1), 32-39.

- [51] Ormos, G., Mehrishi, J. N., & Bakács, T. (2009). Reduction in high blood tumor necrosis factor- α levels after manipulative therapy in 2 cervicogenic headache patients. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 32(7), 586-591.
DOI : 10.1016/j.jmpt.2009.08.006

조 일 영(II-Young Cho)

[정회원]



- 1997년 2월 : 한양대학교 경기지도학과(학사)
- 1997년 : Scott community college Chiropractic pre-doctoral
- 2001년 : Palmer College of Chiropractic (D.C.)

- 관심분야 : 대체의학, 스포츠의학
- E-Mail : chirotrust@jj.ac.kr

최 현 석(Hyun-Seok Choi)

[학생회원]



- 2021년 2월 : 전주대학교 운동처방학과(학사)
- 2021년 2월~현재 : 전주대학교 스포츠의학과(석사과정)

- 관심분야 : 스포츠의학, 운동생리학
- E-Mail : choihyunseok@jj.ac.kr