

# Comparison of Bag Weight and Applied Location on Plantar Pressure and Gait in the Twenties Student

Jinho Yu<sup>a</sup>, Jaecheol Park<sup>b</sup> and Mingyun Ko<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>Chennam Techno University

<sup>b</sup>Chennam Techno University

<sup>c</sup>Gwangju Health University

**Objective:** The purpose of this study is to confirm a comparison of bag weight and applied location change on plantar pressure and gait parameters (stride time, stride length, cadence) of the 20s students.

**Design:** One group cross-sectional design

**Methods:** The subjects were measured in each condition. Each condition was no carrying a bag, carrying a 3kg bag, and a 6kg bag on the right shoulder, and walked on the gait analyzer. After the location of the bag was changed, measured when a 3kg backpack and a 6kg backpack was each carried on the back while walking.

**Results:** There was a statistically significant difference in plantar pressure according to bag weight when carried on the right shoulder ( $p < 0.05$ ). As a result of the post-hoc analysis, carrying a 6kg bag was a significant difference between no carrying a bag and carrying a 3kg bag ( $p < 0.05$ ). There was no statistically significant difference in changes in stride time, stride length, and cadence. There was no statistically significant difference in plantar pressure and gait parameters according to backpack weight.

**Conclusions:** As a result of this study, it is thought that it will be possible to present a method for the application of the correct bag on location and weight in 20s students, and to prevent and reduce muscle musculoskeletal system diseases caused by incorrect bag wearing.

**Key Words:** Gait, shoulder, Pressure, Carrying, Weight

## 서론

보행은 신체의 움직임을 기반으로 인간이 자유로운 일상생활을 영위하기 위한 중요한 움직임의 패턴이다 [1-2]. 보행은 균형의 상실과 회복을 수반하는 일련의 과정으로서 동적인 안정성이 요구되며, 원활한 보행 능력은 내·외부적인 자극에 대응하는 개인의 자세안정성과 이동능력을 결정짓는다[3-4]. 자세 안정성은 보행과 같은 이동 능력에 영향을 주는 요인으로서 일어설 때와 이동할 때 및 적용 위치에 따라 무게 중심이 이동하고, 체중의 감량 등과 같은 내적 요인 변화들은 자세 안정성과 족저압에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[5-6].

보행 능력과 관계되어 자세 안정성에 영향을 미치는 외적 요인으로는 대표적으로 가방이 있으며, 휴대 방식

및 적용 위치와 무게에 따라 자세와 보행은 영향을 받으며 발의 변화된 조절 기전이 발생하게 된다[7-8]. 많은 학생들이 책과 소지품을 휴대하기 위해 한쪽으로 메는 가방을 주로 이용한다[9]. 이러한 가방의 적용 방식은 운동 역학적 관점에서 무게 중심을 이동하게 만들어 신체를 비정상적인 자세로 정렬하게 만들고, 근육뼈대계통에 영향을 미쳐 신경의 손상과 함께 근육의 약화와 같은 변화를 초래한다[10-11]. 특히, 어깨에 휴대하는 가방의 무게가 무겁거나 위치가 잘못 적용된 경우에는 목에 위치한 신경을 압박하여 목과 어깨통증, 팔 주위 근육 약화 및 근육 경련을 유발하며 더 나아가 허리 통증과 같은 근육뼈대계통 질환을 발생시킨다[12-14]. 즉 신체에 과도한 무게 및 잘못된 무게의 적용은 신체 중심에 영향을 주어 보행과 동적 균형능력, 자세 정렬의 변화를 유발한

Received: Jun 21, 2023 Revised: Jun 23, 2023 Accepted: Jun 23, 2023

Corresponding author: Mingyun Ko (ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8058-4138>)  
73, Bungmun-daero 419beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju, Republic of Korea [62287]  
Tel: +82-62-958-7762 Fax: +82-062-958-7768 E-mail: mgko@ghu.ac.kr

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.  
Copyright © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

다[15-17]. 그러므로 적절한 무게 적용과 착용 방법은 의학 전문가에게 많은 관심을 받고 있으며[18], 이상적인 가방의 적용 방법을 확인하는 것은 중요하다.

가방의 적용 여부나 적용 위치에 따른 선행 연구들을 보면 Shin 등[19]은 12세에서 14세 어린이 273명을 대상으로 가방 사용과 근육뼈대계통의 통증과 관계를 확인한 연구에서 잘못된 가방의 사용 습관은 보행 자세의 변화를 유발하고 척추의 구조적 변화를 유발한다고 하였고, Chansirinukor 등[20]은 13명의 학생을 대상으로 한 연구에서 가방 무게와 적용 시간은 목과 어깨 자세에 영향을 준다고 하였다. 지금까지의 선행연구는 가방의 적용 방법과 무게 변화로 인한 신체적 문제점을 확인하고 휴대 방법에 대한 보행 패턴 변화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있지만, 대부분의 선행 연구에서 어린 학생을 대상으로 하였다. 이에 20대 성인을 대상으로 가방의 적용 위치와 무게에 따른 족저압과 보행에 대한 확인이 필요하다.

그러므로 본 연구는 20대 대학생의 가방의 적용 위치 및 부하의 변화에 따른 족저압과 보행의 변화를 비교하여 가방 적용과 관련된 족저압과 보행의 기초 자료를 제공하고, 올바른 가방 착용에 대한 근거를 제시하고자 한다.

## 연구 방법

### 연구 대상

본 연구의 대상자는 전남 지역에 위치한 C 대학교의 건강한 20대의 성인 남성 20명과 여성 20명으로 총 40명을 모집하였고, 모든 대상자에게 본 연구의 목적과 연구 방법을 설명한 후, 자발적으로 연구 동의서를 작성한 대상자를 연구에 참여하도록 하였다. 대상자 선정 기준으로는 김찬규와 이병훈[21]의 선행연구를 참고하여 선정하였다. 1) 6개월 이내에 발과 발바닥에 통증이 없는 자. 2) 발과 발바닥에 좌상 또는 염좌가 없는 자. 3) 족저압과 보행에 영향을 미칠 수 있는 발바닥에 티눈 또는 피부과적 질환이 없는 자. 4) 보행에 영향을 주는 어지러움증과 안뜰계통 질환이 없는 자로 하였다.

### 연구 절차

연구 방법은 선행연구를 참고하여 본 연구에 맞게 설정하였다[21]. 모든 대상자는 보행 측정 전에 측정 방법 및 보행 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 인지하였다. 보행은 양 발에 실내화를 착용하고 골반 넓이로 보행 측정장비 발판 위에 편안하게 서서 정면을 응시한 상태로 보통의 속도인 3km/h로 1분간 직선보행을 하였다. 모

든 대상자들은 가방의 비휴대 상태, 3kg 가방 오른쪽 어깨에 휴대한 상태, 6kg 가방 오른쪽 어깨에 휴대한 상태, 3kg 백팩을 등에 휴대한 상태, 6kg 백팩을 등에 휴대한 상태에서 무작위로 보행을 하였다. 가방의 부하는 신체에 부작용이 유발되지 않는 권장범위 안에서 사용하였고[22-23], 20대 성인들이 가방 안에 소지한 물품의 무게를 고려하여 3kg과 6kg으로 설정하였다.

대상자들 1명당 5개의 조건에 따라 3번씩 총 15번을 실시하였고, 대상자들의 피로감을 예방하기 위하여 각각의 보행 후에는 약 5분간의 휴식시간이 주었다.

### 측정방법 및 도구

본 연구는 오른쪽으로 휴대 시 가방 무게에 따른 보행과 족저압의 변화와 등에 휴대한 백팩 무게에 따른 보행과 보행의 변화를 확인하고자 보행 분석 시스템인 Zebris FDM(Zebris Medical GmbH, Germany)을 이용하였다. 보행 분석 시스템은 압력 측정 센서와 트레드밀을 통합한 장비로 150X50cm 발판에 5,370개의 압력/힘 측정 센서가 내장되어 있어서, 보행능력의 감퇴와 치료에 따른 기능회복을 객관적으로 알아보기에 사용되며 일반적인 보행분석기의 기능과 함께 발의 압력 변화 및 중심 압력의 변화를 동시에 측정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한, 트레드밀에 연결되어 시간과 거리에 대한 제약없이 측정할 수 있는 장비이다. 이 장비를 이용하여 보행과 관련된 한걸음시간(stride time), 한걸음 길이(stride length), 한발짝물(cadence)과 오른쪽 및 왼쪽의 족저압을 측정하였고, 족저압의 경우 종합 점수를 이용하였다.

### 자료 분석

본 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS(ver. 20.1, IBM co., USA)를 사용하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계로 평균과 표준편차를 확인하였다. 오른쪽 어깨 무게에 따른 족저압 및 보행변수의 변화를 비교하기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 하였고, 등의 백팩 무게에 따른 족저압 및 보행변수의 변화를 비교하기 위하여 독립 t-검정(independent t-test)을 하였으며, 유의수준은  $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

## 연구 결과

### 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 남성 20명과 여성 20명으로 총 40명이다. 연구대상자의 평균 연령은  $24.68 \pm 3.18$ 세, 평

균 신장은 169.49±5.01cm, 평균 체중은 63.57±7.49kg이었다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다 (Table 1).

**오른쪽으로 가방 휴대 시 보행과 족저압의 변화**

오른쪽으로 휴대 시 가방무게에 따른 족저압에 대한 분산분석 결과, 통계학적으로 유의한 차이가 있었고(p < 0.05), 한걸음시간과 한걸음길이, 한발짝울은 유의한 차이가 없었다. 족저압 사후 분석한 결과 6kg 가방휴대가 비휴대 및 3kg 가방휴대에 비하여 유의한 차이가 있었다(p < 0.05)(Table 2).

**백팩 무게에 따른 보행과 족저압의 변화**

백팩 무게에 따른 족저압 및 한걸음시간, 한걸음길이, 한발짝울의 변화는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 3).

**고찰**

본 연구는 건강한 20대 대학생 성인을 대상으로 비휴대와 오른쪽에 3kg와 6kg의 가방을 휴대, 등에 3kg와 6kg 가방을 휴대를 하여 족저압과 보행의 변화를 확인하고자 하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다. 오른쪽과 왼쪽의 족저압의 변화는 비휴대와 오른쪽에 3kg 가방 휴대에 비해 오른쪽에 6kg 가방 휴대에서 유의한 차이가 있어 6kg이상의 부하를 적용하였을 때 족저압의 변화가 발생하는 것을 확인하였다.

압력중심은 표면에 대한 모든 수직 지면 반반력의 가중 평균을 나타내는 점으로써 발뒤꿈치에서 앞부분으로 지나갈 때 형성되는 압력중심의 평가가 족저압이다 [24-25]. 신체의 가방 위치 및 부하의 적용은 체중의 이동을 유발하여 발바닥에 압력을 증가하게 되는데[26], 가방의 적용위치와 부하에 따라 신체는 특정방향으로 기울림이 발생하여 족저압은 변하게 된다. 또한, 가방의

**Table 1.** General Characteristics of Subjects

(N=40)

	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)
subjects	24.68 ± 3. 18 <sup>a</sup>	169.49 ± 5.01	63.57 ± 7.49

<sup>a</sup>Mean±SD

**Table 2.** Comparison of plantar pressure and gait according to weight of bag when carrying on the right shoulder (N=40)

	Non-carry bag(a)	3kg carry bag(b)	6kg carry bag(c)	p post-hoc
RPP	46.01 ±11.43a	50.00 ±12.43	56.18 ±12.51	0.38* a,b<c
LPP	53.98 ±11.43	49.90 ±12.48	43.81 ±12.51	0.39* a,b<c
ST	1.01 ±0.04	1.01 ±0.05	1.02 ±0.05	0.85
SL	141.35 ±7.75	142.38 ±7.02	142.68 ±7.39	0.82
CAD	108.95 ±6.02	108.14 ±5.57	117.89 ±6.11	0.84

aMean±SD, \*p<0.05

RPP=right plantar pressure, LPP=left plantar pressure, ST=stride time, SL=stride length, CAD=cadence

**Table 3.** Comparison of plantar pressure and gait according to weight of backpack when carrying

(N=40)

	3kg carry backpack	6kg carry backpack	t	p
RPP	47.40 ±9.52 <sup>a</sup>	47.98 ±6.71	-0.22	0.82
LPP	52.60 ±9.52	52.01 ±6.71	0.22	0.82
ST	1.01 ±0.045	1.02 ±0.043	-0.28	0.77
SL	142.35 ±7.02	143.00 ±6.65	-0.30	0.76
CAD	108.10 ±5.42	107.65 ±5.27	0.26	0.79

<sup>a</sup>Mean±SD,

RPP =right plantar pressure, LPP =left plantar pressure, ST =stride time, SL =stride length, CAD =cadence

휴대 방식과 다양한 부하의 적용은 근육뼈대계통에 영향을 주어 신체 구조적인 변화와 함께 근육뼈대계통의 역학적 변화를 유발하고 통증 및 동적 균형 자세에 부정적인 영향을 준다[16-17]. 또한, 한쪽으로 가방을 맨 경우 몸통은 앞으로 굽힘이 증가하고 몸통 옆굽음이 발생한다[27]. 본 연구에서 오른쪽으로 3kg과 6kg의 가방을 적용 하였을 때, 신체는 가방의 부하를 이겨내기 위해 반대측으로 어깨의 기울림이 발생하게 되고 무게중심은 오른쪽 골반으로 이동하게 된다. 이러한 현상은 비대칭적인 부하의 적용에 대한 신체의 보상작용이 작용함으로써, 오른쪽의 족저압은 증가 되고 왼쪽의 족저압은 감소된 결과를 보인 것으로 생각된다.

Kasović 등[18]은 어린 학생 127명을 대상으로 책가방 없는 보행과 평균 책가방 4.2kg의 무게를 적용한 보행 시 족저압이 통계적으로 유의하였다고 보고하였으며, Balkó 등[28]은 건강한 소녀 12명을 대상으로 하중 없는 보행과 체중의 10%, 20% 해당하는 하중을 든 배낭을 적용한 보행을 비교한 결과, 하중이 있는 배낭을 메고 걷는 보행은 중간 발허리뼈에 영향을 주어 족저압에 영향을 미친다고 보고하다. 또한, Sokhi 등[29]은 하중이 있는 장시간 동안 적용할 때 발바닥의 평균 압력이 증가하며, 오른쪽으로 하중이 있는 가방 착용 보행에서 오른쪽의 족저압은 증가되고 왼쪽의 족저압은 감소되었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사함을 보였다.

신체에 적용되는 부하가 체중의 10% 및 15% 내외에서는 보행의 변수의 변화가 나타나지 않으며, 체중의 20%의 부하가 적용되면 보행속도, 분속수, 양발지지기 등의 보행 변수가 변화 및 몸통의 앞쪽 기울임이 나타난다[30]. 본 연구에서 보행 변수인 한걸음시간(stride time)과 한걸음길이(stride length), 한발짝률(cadence)의 변화는 차이가 없었던 것은 본 연구에서 적용했던 가방의 부하가 본 연구 대상자의 평균 몸무게의 5% 및 10%에 해당하기에 보행 변수에 변화가 없었던 것으로 생각된다. Singh과 Koh[32]는 9세 소년을 대상으로 한 연구에서 여러 하중 사이에서 한걸음길이의 차이가 없었다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 일부 선행논문에서 가방의 하중에 따라 보행 변수의 변화가 유의한 차이가 있다고 보고하였지만[32-33], 이들 연구에서는 청소년과 어린 아동을 대상으로 하였기에 본 연구의 대상인 성인과 체력요인이 다르기 때문에 본 연구의 결과와 상이한 결과를 보인 것으로 생각된다.

등에 백팩을 적용하여 3kg과 6kg의 비교에서 족저압과 보행 변수에서 유의한 차이가 없었다. 변화량을 보면 3kg 및 6kg의 변화는 가방의 비휴대 상태와 비슷한 값을 보였다. 이는 비대칭적으로 적용되는 부하는 몸통을 반대쪽으로 기울림을 유발하지만[16]. 건강한 성인 경우

신체적 특성으로 인해 보행 시 균형을 유지하기 위해 자세 적응 기전이 작용하여 자세 안정성이 유지되며, 몸무게의 10% 이하의 부하를 적용한 결과로 해석된다.

본 연구는 건강한 성인 남성과 여성을 대상으로 평상시 가방 휴대에 대한 신체 변화를 고려하지 못하였으며 다양한 무게와 적용 방식을 통한 보행의 변화를 확인하지 못해 아쉬움이 남는다. 하지만 본 연구를 통해 나타난 족저압의 변화는 긍정적으로 생각되며 향후 본 연구에서 확인 하지 못한 다양한 무게와 적용 방법에 따른 보행 변화를 확인하는 질적인 연구가 필요해 보인다.

## 결론

본 연구는 20대 건강한 대학생을 대상으로 적용 방법과 무게에 따른 족저압과 보행의 비교를 확인한 결과, 가방 무게가 6kg 이상 오른쪽으로 적용하였을 때 오른쪽과 왼쪽의 족저압의 변화가 발생함을 확인하였다. 이러한 결과는 20대 학생들이 체중의 10% 내외의 무게인 가방을 한쪽 어깨로 메는 것보다 백팩을 이용하여 등에 휴대하는 방법이 올바른 가방의 착용이라 할 수 있겠다. 이를 통하여 20대 학생들에 대한 올바른 가방 착용의 방법을 제시하고, 한쪽 어깨로의 가방 착용을 지양함으로써 인해 근육뼈대계통의 질환을 예방하고 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다.

## 이해충돌

본 연구의 저자는 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

## 참고문헌

1. Chung NJ, Yoon HJ. Biomechanical analysis of gait cycle in the obese children. *KJSB*. 2001;10(2): 179-93.
2. Hyung EJ, Lee HO, Kwon YJ. Influence of load and carrying method on gait, specifically pelvic movement. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(7):2059-2062.
3. An DH, Yoon JY, Yoo WG, Kim KM. Comparisons of the gait parameters of young Korean women carrying a single-strap bag. *Nursing & Health Sciences*. 2010;12(1):87-93.
4. Sibley KM, Straus SE, Webster F, Jaglal SB. Moving balance and mobility evidence in to action:

- a primer in knowledge translation. *Gait & posture*. 2011;33(4):527-531.
5. Kim MJ, Kim SJ. The Developmental Change of Postural Stability in Locomotion Development. *Korean J Sport Psychol*. 2014;25(1):1-12.
  6. Zhang L, Yan S, Li R, Dan W, Yang L. Does weight loss affect the center of pressure of children with obesity: A follow-up study. *J Leather Sci Eng*. 2022;4(1):9.
  7. Macias BR, Murthy G, Chambers H, Hargens AR. Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by children. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(5):512-517.
  8. Park S J, Lee JH, Kim JS. The effects of asymmetric bag carrying during walking on plantar pressure. *J Korean Soc Phys Med*. 2012;7(4):459-469.
  9. Ahn JS. The effects of asymmetric load of shoulder bag on trunk and pelvis movement patterns of normal adult during gait. Seoul: Yonsei University Special Graduate School of Public Health Science; 2006
  10. Stuempfle KJ, Drury DG, Wilson AL. Effect of load position on physiological and perceptual responses during load carriage with an internal frame backpack. *Ergonomics*. 2004;47(7):784-789.
  11. Kong WT, Han JT, RO HN. The Influence of Contract-Relax Exercise on Functional Leg Length Inequality and Muscle Activity. *J Kor Phys Ther*. 2009;21(1):149-156.
  12. Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *CMAJ*. 2002;167(6):669.
  13. Macias BR, Murthy G, Chambers H, Hargens AR. Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by children. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(5):512-517.
  14. Mao CP, Macias BR, Hargens AR. Shoulder skin and muscle hemodynamics during backpack carriage. *Appl Ergon*. 2015;51:80-84.
  15. Negrini S, Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis*. 2007;2(1):1-7.
  16. Matsuo T, Hashimoto M, Koyanagi M, Hashizume K. Asymmetric load-carrying in young and elderly women: Relationship with lower limb coordination. *Gait Posture*. 2008;28(3):517-20.
  17. Oh JH, Choi SN. Effects of the length of schoolbag string on gait posture. *Journal of sport and leisure studies*. 2007;30:619-629.
  18. Kasović M, Zvonar M, Gomaz L, Bolčević F, Anton V. The influence of a school bag carriage on the pattern changes in plantar pressure during walking among schoolchildren in the first grade. *Kinesiology*. 2018;50(2):188-193.
  19. Shin YH, Lee SH, Kim JS. Do backpack habits of school children affect their musculoskeletal pain?. *J Korean Acad Child Health Nurs*. 2008;14(2):176-185.
  20. Chansirinukor W, Wilson D, Grimmer K, Dansie B. Effects of backpacks on students: measurement of cervical and shoulder posture. *Aust J Physiother*. 2021;47(2):110-116.
  21. Kim CK, Lee BH. Gait analysis according to the changes of the carrying type and weight of bag. *KAIS*. 2013;14(1):199-205.
  22. Bauer DH, Freivalds A. Backpack load limit recommendation for middle school students based on physiological and psychophysical measurements. *Work*. 2009;32(3):339-350.
  23. Brackley HM, Stevenson JM, Selinger JC. Effect of backpack load placement on posture and spinal curvature in prepubescent children. *Work*. 2009;32(3):351-360.
  24. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Murley GS, Levinger P, Menz HB. Centre of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. *J Foot Ankle Res*. 2018;11(1):1-9.
  25. Song Z, Ou J, Shu L, Hu G, Wu S, Xu X, et al. Fall risk assessment for the elderly based on weak foot features of wearable plantar pressure. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2022;30:1060-1070.
  26. Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR. Foot pain, plantar pressures, and falls in older people: A prospective study. *J Am Geriatr Soc*. 2010;58(10):1936-1940.
  27. Fowler NE, Rodacki AL, Rodacki C. Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait Posture*. 2006;23(2):133-141.
  28. Balkó Š, Tufano JJ, Jelínek M, Svoboda Z, Błaszczyzyn M, Vaverka F. Influence of school backpack load on plantar foot pressure during walking in 9-11 years old girls. *Cent Eur J Public Health*. 2022;30(3):185-189.

29. Sokhi SS, Shaw D, Singh D, Murtaza S, Andrabi H. Effect of back pack loads carried for extended time durations on mean pressure on the plantar aspect of the foot of school going children's gait (a descriptive approach). *Int J Phys Educ Sports Health*. 2022;9(2):365-9.
30. Lee D, Kwon Y, Lee G, Oh S, Ha Y. Change of Body Alignment according to the Surface during Walking with Backpack. *J Korean soc integr med*. 2013;1(1):33-43.
31. Singh T, Koh M. Effects of backpack load position on spatiotemporal parameters and trunk forward lean. *Gait Posture*. 2009;29(1):49-53.
32. Chow DH, Kwok ML, Au-Yang AC, Holmes AD, Cheng JC, Yao FY, et al. The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. *Ergonomics*. 2005;48(6):642-656.
33. Tomal P, Fryzowicz A, Skorupska E, Dworak LB. Influence of school backpack load as a variable affecting gait kinematics among seven-year-old children. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(7):3843.