

만성발목불안정성 환자의 진동자극이 가동범위 및 고유수용성감각에 미치는 즉각적인 효과: 무작위 교차 연구

박치복 · 박성환^{1†} · 정호진 · 김병근

남부대학교 물리치료학과, ¹남부대학교 대학원 통합의학과

Immediate Effects of Vibration Stimulation on the Range of Motion and Proprioception in Patients with Chronic Ankle Instability: Randomized Crossover Study

Chi-Bok Park, PT, PhD · Sung-Hwan Park, PT^{1†} · Ho-Jin Jeong, PT, PhD · Byeong-Geun Kim, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Nambu University

¹Department of Integrative Medicine, Graduate School of Nambu University

Received: September 21 2022 / Revised: September 23 2022 / Accepted: October 12 2022

© 2023 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effect of vibration stimulation of a vibration foam roller on the change in the range of motion of the ankle joint and proprioception in patients with chronic ankle instability. An additional aim was to provide basic data for rehabilitation programs for chronic ankle instability patients.

METHODS: This study was a randomized crossover design of 22 patients with chronic ankle instability. All subjects were divided into a vibrating group, a non-vibrating group, and a control group. The vibration and non-vibration groups performed the interventions, but the control group did not. For

the measurement, the range of motion and proprioception of the ankle joint was measured using an electronic protractor (Electrogoniometer, BPM Pathway, UK).

RESULTS: The vibration group showed significant differences in the dorsiflexion angle, dorsiflexion proprioception, and plantar flexion proprioception ($p < .05$). The non-vibration group showed significant differences in the dorsiflexion angle and dorsiflexion proprioceptive sensation ($p < .05$). The vibration group and the control group showed significant differences in dorsiflexion proprioception and plantar flexion proprioception ($p < .05$).

CONCLUSION: The range of motion and proprioception of the ankle joint were improved in the group that received vibration stimulation after the intervention than before the intervention. Future research will be needed on patients with various diseases.

Key Words: Chronic ankle instability, Proprioception, Range of motion

†Corresponding Author : Sung-Hwan Park
227329@naver.com, <http://orcid.org/0000-0002-4041-8933>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

발목 관절은 충격 완화와 정상 보행, 계단 오르기 같은 일상생활에서 중요한 역할을 하며, 해부학적 구조상 발목의 안쪽보다 가쪽 인대가 더 약한 구조로 되어있고, 안쪽 복사뼈의 길이가 가쪽 복사뼈의 길이보다 짧아 운동선수뿐만 아니라 일반인에게도 손상 빈도가 높은 관절이다[1]. 발목 관절의 손상으로 생기는 정형외과적 중요한 문제인 만성발목불안정성(Chronic ankle instability: CAI)질환은 일상생활에서 신체 활동에 불편함을 만들어내는 특징을 가지고 있다[2]. 발목 인대의 손상 후 발목의 흔들림을 느끼거나 주관적으로 발목 관절의 불안정함을 느끼는 것을 의미하며[3], 만성발목 불안정성의 정확한 원인은 알려지진 않고 있지만, 발목 관절의 부상 후 감각수용기의 손상이 그 원인 중 하나로 보고되고 있다[4]. 또한 만성발목불안정성은 인체의 해부학적 구조와 연부조직의 이상으로 인해 기계적 발목 불안정성과 고유수용성감각, 근력, 신경근 조절 및 발목의 기능저하를 발생 시키고, 특히 고유수용성감각과 신경근 조절의 결손으로 발목 관절의 불안정을 더욱 악화시키며, 관절의 재손상을 유발하게 된다[5].

이러한 문제를 해결하기 위해 임상에서는 스트레칭, 전기신경자극, 체외충격파, 근전도를 이용한 바이오피드백, 진동을 이용한 자극 등 여러 가지 물리치료적 중재 방법이 사용되어지고 있다[6-8]. 그 중 진동자극을 이용한 중재는 일반인과 운동선수의 체력증진, 근골격계 손상 환자와 신경계 손상 환자의 신체기능 회복, 노인들의 골밀도 및 근력 향상 등 다양한 치료의 목적으로 적용되는 것으로 보고되고 있다[9]. 또한 운동 후 발생 되어진 지연성 근육통의 완화와 발목 관절의 가동범위에 긍정적인 영향을 주었다고 보고 하였다 [10,11]. 또한 뇌졸중환자의 다리근육에 진동 폼 롤러를 직접 적용한 결과 근육의 경직을 감소시키는 결과를 보여 주었다[12]. 진동 폼 롤러는 폼 롤러가 주는 이점에 국소적인 진동이 추가되어 특정 근육에 효과적으로 진동을 줄 수 있다고 하였다[13].

이와 같이 선행 연구에서는 일반인, 운동선수, 노인을 대상으로 대부분 전신 진동자극을 실시하였고, 진동

폼 롤러 연구는 뇌졸중과 같은 신경학적 질환을 가지고 있는 환자를 대상으로 실시하여 정형외과적 중요한 문제인 만성발목불안정성 질환을 가진 환자를 대상으로 진동 폼 롤러를 적용한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 만성발목불안정성 환자를 대상으로 진동 폼 롤러의 진동 적용 유무에 따라 발목 관절의 가동범위 변화와 고유수용성감각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 만성발목불안정성 환자의 재활 프로그램에 대한 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 하나의 집단이 3가지 중재를 다 수행하는 무작위 교차 설계로 대상자는 자발적으로 연구에 참여를 원하는 G시 소재의 만성발목불안정성 환자 22명을 대상으로 하였다. 모든 연구대상자는 진동군, 비진동군, 대조군 총 3군으로 나누어 참여하였고, 각 그룹의 참여 순서는 엑셀 함수 프로그램을 활용하여 무작위 배치하였다.

본 연구의 표본 크기는 Gpower 3.1 프로그램을 활용하여 검정력 $1-\beta = 80\%$, 효과크기 .4, 유의수준 $\alpha = .05$, 3개의 집단으로 설정하였고, F-test를 실시하였다. 그 결과 본 실험에 참여할 최종 대상자 수는 66명으로 산출되었다. 따라서 그룹 별로 각각 22명의 대상자를 배치하였다.

연구대상자의 선정기준은 발목불안정성검사(Cumberland Ankle Instability Tool - CAIT)에서 24점 미만을 받은 대상자로 다리 부위의 근골격계 손상과 신경계 손상 병력이 없고, 최근 전문적으로 다리 부위 근력강화 운동을 실시하지 않은 대상자로 선정하였다. 제외기준은 최근 1년 이내 외과적 수술을 받은 자로 하였다.

모든 대상자에게는 연구에 관하여 충분히 설명 후, 자발적으로 동의서를 작성하고 실험에 참여하도록 하였다.

2. 측정도구 및 방법

본 연구의 측정도구로 전자각도기(Electrogoniometer, BPM Pathway, UK)를 사용하였다. 발목 관절 가동범위

측정은 무릎을 90° 굽힘 시킨 엎드린 자세에서 발목의 발등굽힘 각도를 측정하였고, 바로누운자세에서 발목을 침대 바깥쪽으로 위치한 후 발바닥굽힘 각도를 측정하였다. 측정은 3번 측정하여 평균값을 사용하였다[14].

발목 관절의 고유수용성감각은 대상자의 시각을 차단한 상태에서 연구자가 설정한 임의의 각도로 발목의 각도를 위치시킨 후 대상자가 다시 제자리로 돌아왔을 때 발생하는 오차의 범위를 측정하였다. 측정은 3번 측정하여 평균값을 사용하였다[15].

3. 중재 방법

본 연구의 중재 도구인 진동 폼 롤러(VYPER 2.0, Hyperice, USA)는 길이 30 cm, 지름 15 cm, 무게 약 1.6 kg이며, 진동의 세기는 총 3단계 중 1단계인 28 Hz로 실시하였다(Fig. 1).

진동군은 의자에 엉덩관절과 무릎관절 90°굽힘 상태로 앉아 대상자의 발바닥 아래에 진동 폼 롤러를 위치시키고, 진동 폼 롤러를 발로 눌러 앞뒤로 구르기를 실시하였다. 중재 시간은 30초 실시 한 후, 30초 휴식을 취하고, 총 4세트 실시하였다. 비진동군은 진동군과 동일한 방법으로 진동이 발생되지 않게 전원을 끈 후에 실시하였다. 대조군은 중재 전과 중재가 끝나는 4분 후에 평가만 실시하였다.

모든 대상자는 진동군, 비진동군, 대조군에서 실시하는 중재 방법들을 일주일간의 충분한 휴식을 가진 후에 각 군에 해당하는 중재에 모두 참여하였다.



Fig. 1. Vibration foam roller.

4. 자료 분석

본 연구의 자료분석은 SPSS ver. 21.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 이용하였고, 정규성 검정을 실시한 결과 만족하지 못하여 비모수 검정을 실시하였다. 각 군내의 발목 관절 가동범위와 고유수용성감각의 변화를 알아보기 위해 Wilcoxon signed rank test를 사용하였고, 각 군간의 발목 관절 가동범위와 고유수용성감각 차이의 변화를 알아보기 위해 Friedman test를 사용하였고, 사후분석은 Wilcoxon signed rank test를 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 발목 관절 가동범위와 고유수용성감각의 변화

각 군내의 결과 진동군은 발등굽힘각도, 발등굽힘 고유수용성감각, 발바닥굽힘 고유수용성감각에서 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 발바닥굽힘각도에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 비진동군은 발등굽힘각도, 발등굽힘 고유수용성감각에서 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 발바닥굽힘 고유수용성감각에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 대조군에서는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$)(Table 2).

각 군간의 결과 진동군과 대조군은 발등굽힘 고유수용성감각과 발바닥굽힘 고유수용성감각에 유의한 차이가 나타났고($p < .05$). 진동군과 비진동군, 비진동군과

Table 1. General Characteristics of the Subjects (N = 22)

General Characteristics	Subjects
Gender (male / female)	14 / 8
Age (yrs)	22.50 ± 1.90 ^a
Height (cm)	171.64 ± 7.86
Weight (kg)	65.32 ± 11.66

^a Mean ± SD

Table 2. Comparison of the ankle joint range of motion and proprioception

		Pre	Post	Change	p
DR	Vibration Group	24.82 ± 7.23 ^a	27.95 ± 6.99	3.14 ± 4.54	.005*
	Non-Vibration Group	25.18 ± 7.45	27.23 ± 7.16	2.05 ± 3.20	.009*
	Control Group	25.82 ± 7.46	25.73 ± 7.97	-.09 ± 4.24	.791
PR	Vibration Group	51.82 ± 7.02	52.50 ± 6.34	.68 ± 7.08	.904
	Non-Vibration Group	48.64 ± 6.29	48.64 ± 7.91	.00 ± 4.51	.987
	Control Group	45.82 ± 7.12	47.50 ± 7.28	1.68 ± 5.14	.106
DP	Vibration Group	2.14 ± 1.25	.82 ± 1.01	-1.32 ± 1.49 ^b	.002*
	Non-Vibration Group	2.05 ± 1.09	1.36 ± 1.05	-.68 ± 1.13	.012*
	Control Group	1.95 ± 1.43	2.05 ± 1.50	.09 ± 2.00	.980
PP	Vibration Group	2.77 ± 2.00	1.00 ± .98	-1.77 ± 2.14 ^b	.001*
	Non-Vibration Group	2.00 ± 1.69	1.59 ± 1.56	-.41 ± 2.36	.418
	Control Group	2.18 ± 1.47	2.59 ± 1.82	.41 ± 2.11	.438

^a Mean ± SD

^b Vibration group and control group were significant in the comparison between groups

* p < .05

DR: Dorsiflexion Range of motion, PR: Plantarflexion Range of motion

DP: Dorsiflexion Proprioception, PP: Plantarflexion Proprioception

대조군은 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다(p > .05) (Table 2).

IV. 고 찰

만성발목불안정성은 높은 발목 관절 부상의 재발생률로 인하여 생기는 기능 손실은 운동을 수행할 수 있는 능력의 감소를 유발할 뿐만 아니라 인체의 일상생활수행능력의 저하를 동반하여 삶의 질을 떨어트린다[16]. 따라서 본 연구는 만성발목불안정성 환자에게 선행연구를 참고하여 진동 폼 롤러를 적용해 발목 관절의 가동범위 및 고유수용성감각에 미치는 즉각적인 효과에 대해 알아보고, 각 중재들의 효과들을 비교하여 효율적인 중재 방법을 제시하기 위하여 실시하였다[17,18].

본 연구의 진동군은 각 군내에서 발등굽힘각도, 발등굽힘 고유수용성감각, 발바닥굽힘 고유수용성감각에서 유의한 차이가 나타났고, 각 군간에서는 진동군과 대조군에서 발등굽힘 고유수용성감각, 발바닥굽힘 고유수용성감각에 유의한 차이가 나타났다. 진동자극은

다리의 근육활동이 증가되고, 다리 근력과 자세조절 능력이 향상되었다고 보고하였다[19]. 또한 발목불안정성이 있는 환자에게 진동자극이 발목불안정성 개선에 효과가 있다고 보고하였다[20]. 발목 근육의 긴장도가 감소하여 가동범위가 증가하여 낙상과 균형능력, 보행속도에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[21]. 본 연구에서 진동 폼 롤러의 진동자극이 발바닥 표면의 피부감각 향상과 근육의 긴장도 감소, 근육활동이 증가되어 발등굽힘 가동범위와 고유수용성감각에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

본 연구의 비진동군은 발등굽힘각도, 발등굽힘 고유수용성감각에서 유의한 차이가 나타났고, 각 군간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 폼 롤러 운동은 압력에 의한 통증 역치를 감소시키고 가동 범위가 향상되었으며[22], 단시간 적용으로도 큰 효과가 있다고 보고하였다[23]. 또한 폼 롤러 운동은 압력에 의해 근육을 감싸고 있는 결합조직인 근막의 움직임을 원활하게 해준다[24]. 본 연구의 비진동군은 폼 롤러 운동으로 인하여 길이가 짧아져 있는 근육과 근막이 이완되기 전 수축

으로 골지 힘줄 기관이 반응하여 억제 기전이 일어나 근육의 긴장이 저하되고, 이완이 되어 발등굽힘각도와 발등굽힘 고유수용성감각이 향상된것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로 다양한 연령대를 가진 대상자가 아니라 일반화하기에는 어려움이 있다고 생각된다. 그러므로 향후 연구에서는 다양한 연령대와 질환을 가진 대상자와 다양한 중재 프로그램을 적용한 연구가 이루어질 필요성이 있다.

V. 결론

본 연구는 만성발목불안정성 환자에게 진동 폼 롤러의 진동자극이 발목 관절의 가동범위 및 고유수용성감각에 미치는 즉각적인 효과에 대해 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 발목 관절의 가동범위와 고유수용성감각이 중재 전보다 중재 후에 진동자극을 받은 군에서 더욱 향상되었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 발목 관절의 가동범위와 고유수용성감각이 저하된 근골격계, 신경계 환자들의 재활을 위한 임상적 치료방법의 기초 자료가 될 것이며, 향후 다양한 질환을 가진 환자에 대한 연구가 필요하다 생각된다.

Acknowledgements

이 논문은 2022년도 남부대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

References

- [1] Koh EK, Weon JH, Jung DY. Effect of direction of gliding in tibiofibular joint on angle of active ankle dorsiflexion. *J Korean Soc Phys Med.* 2014;9(4):439-45.
- [2] De-La-Torre Domingo C, Alguacil-Diego IM, Molina-Rueda F, et al. Effect of kinesiology tape on measurements of balance in subjects with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(12):2169-75.
- [3] Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the international ankle consortium. *J Athl Train.* 2013; 49(1):121-7.
- [4] Hiller CE, Nightingale EJ, Lin CWC, et al. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2011;45(8):660-72.
- [5] Gilbreath JP, Gaven SL, Van Lunen L, et al. The effects of mobilization with movement on dorsiflexion range of motion, dynamic balance, and self-reported function in individuals with chronic ankle instability. *Man Ther.* 2014;19(2):152-7.
- [6] Salazar AP, Pinto C, Mossi JVR, et al. Effectiveness of static stretching positioning on post-stroke upper-limb spasticity and mobility: systematic review with meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2019;62(4):274-82.
- [7] Kwong PW, Ng GY, Chung RC, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation improves walking capacity and reduces spasticity in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(9): 1203-19.
- [8] Cabanas-Valdés R, Serra-Llobet P, Rodriguez-Rubio PR, et al. The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy for improving upper limb spasticity and functionality in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2020;34(9):1141-56.
- [9] Cardinale, M, Rittweger, J. Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction?. *J Br Menopause Soc.* 2006;12(1):12-8.
- [10] Sullivan KM, Silvey DB, Button DC, et al. Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(3):228-36.
- [11] Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *J Athl Train.* 2015;50(1):5-13.
- [12] Morales-Artacho AJ, Lacourpaille L, Guilhem G. Effects

- of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(12): 1959-69.
- [13] Romero-Moraleda B, La Touche R, Lerma-Lara S, et al. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ*. 2017;5:e3908.
- [14] Alawna MA, Unver BH, Yuksel EO. The reliability of a smartphone goniometer application compared with a traditional goniometer for measuring ankle joint range of motion. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2019;109(1):22-9.
- [15] Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, et al. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train* 2002;37(4): 487-93.
- [16] Anandacoomarasamy A, Bamsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *Br J Sports Med*. 2005; 39(3):e14.
- [17] Han SW. Short-term change on pressure pain threshold and vertical jump when foam roll exercises and vibration foam roll exercises. *AOSPT*. 2018;14(1): 134-42.
- [18] Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, et al. Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(6):883-89.
- [19] Lam FMH, Liao LR, Kwok TCY, et al. The effect of vertical whole-body vibration on lower limb muscle activation in elderly adults: Influence of vibration frequency, amplitude and exercise. *Maturitas*. 2016; 88:59-64.
- [20] Baumbach SF, Fasser M, Polzer H, et al. Study protocol: the effect of whole body vibration on acute unilateral unstable lateral ankle sprain a biphasic randomized controlled trial. *BMC Musculo skelet Disord*. 2013; 14(1):1-9.
- [21] Yang F, Estrada EF, Sanchez MC. Vibration training improves disability status in multiple sclerosis: A pretest-posttest pilot study. *J Neurol Sci*. 2016;369:96-101.
- [22] Young JD, Spence AJ, Behm DG. Roller massage decreases spinal excitability to the soleus. *J Appl Physiol*(1985). 2018;124(4):950-9.
- [23] de Souza A, Sanchotene CG, Lopes C et al. Acute effect of 2 self-myofascial release protocols on hip and ankle range of motion. *J Sport Rehabil*. 2018;28(2):159-64.
- [24] Krause F, Wilke J, Niederer D et al. Acute effects of foam rolling on passive tissue stiffness and fascial sliding: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017;18(1):1-6.