

물리치료사에 의해서 실시되는 도수수동 운동이 자율신경계에 미치는 영향

김인배 · 김충유[†] · 김은경² · 신한기 · 강종호¹

부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ¹부산가톨릭대학교 물리치료학과
²서남대학교 물리치료학과

The Effects of Manual Passive Exercise Performed by Physical Therapists on Autonomic Nervous System

In-Bae Kim, PT, BS, Chung-Yoo Kim[†], Eun-Kyung Kim,² Han-Ki Shin, PT, BS, Jong-Ho Kang, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Graduate School of Catholic University of Pusan

¹Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

²Department of Physical Therapy, Seonam University

Received: October 20, 2014 / Revised: November 14, 2014 / Accepted: November 18, 2014

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the effects of ten minutes of manual passive exercise performed by physical therapists on autonomic nervous system.

METHODS: Thirty-five healthy adults, both male and female, were chosen as subjects for this study. The autonomic nervous system was measured by heart rate variability (HRV), before and after passive exercise using the following measurements: mean heart rate (mean HRT), low frequency (LF) and high frequency (HF) components, the LF/HF ratio, root mean square of the successive differences (RMSSD), and the HRV index. The exercise was performed on the subjects by a physical therapist with seven years of experience

specializing in the nervous system. The exercise was conducted at the mid-range of motion on the upper and lower limbs of the subjects for two minutes and thirty seconds and for a total of ten minutes.

RESULTS: There was a significant increase in the LF component. The mean HRT and the LF/HF ratio both increased, but these increases were not significant. The HF component, RMSSD, and HRV index all decreased, but these decreases were not significant.

CONCLUSION: In conclusion, mid-range manual passive exercise does not induce stress on the autonomic nervous system. It can safely be performed by a physical therapist.

Key Words: Manual passive exercise, Autonomic nervous system, HRV

[†]Corresponding Author : friday861@naver.com

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

자율신경계는 신체 내부와 외부에서 발생하는 다양한 스트레스에 적절히 대응하여 생리적 항상성을 유지

시키며, 심장은 자율신경계 지배를 받아 환경 변화에 역동적으로 대처하고 있다(Lee과 Chung, 2006). 실제로 교감신경이 항진되고 부교감신경이 억제되는 자율신경계의 불균형 상태가 지속될 경우, 심혈관계 사고가 증가됨이 보고되었다(Jang 등, 2001). 이에 최근에는 심박변이도(Heart rate variability, HRV)를 이용하여, 물리치료와 심혈관계 스트레스의 관계를 규명하는 연구들이 수행되고 있다(Kim 등, 2014).

물리치료에서 가장 널리 증대되는 운동치료는 능동 운동과 수동운동으로 구분되어 시행되고 있으며, 신경계, 정형계 및 호흡계 질환, 그리고 수술 후 재활에서 공통적으로 수행되고 있다(Zeppos 등, 2007). 능동운동은 대상자가 독립적으로 근육을 수축할 수 있는 상태에서 수행된다. 다양한 컨디션에 대한 수의적 근수축의 심혈관계 반응에 대한 근거는 잘 수립되어 있으며, 운동치료 처방에 중요한 근거로 사용되고 있다(Shin 등, 2011). 이에 비해, 집중치료실 치료와 수술 후 고정 등으로 스스로 근육을 수축할 수 없는 대상자는 수동운동을 시행하게 된다. 수동운동에 대한 연구들은 대부분 관절 구축과 관절 변형, 그리고 연골퇴행과 근 경직의 예방과 같은 불용에 대한 합병증을 예방하는데 집중되어 있다(Lynch 등, 2005). 게다가 심혈관계와 수동운동의 관계를 알아보는 연구들은 대부분 자전거와 같은 기구 및 도구 개발 연구들이 많으며, 도구를 이용한 수동운동의 사지 혈액순환 증진 효과를 규명하는데 초점이 맞추어져 있다(Amidei과 Sole, 2013). 이에 비해서 물리치료사가 직접 시행하는 도수 수동운동에 대한 심혈관계의 영향은 많은 관심을 받지 못하고 있으며, 충분한 근거가 마련되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 숙련된 물리치료사에 의해서 조심스럽게 조절되는 도수 수동운동이 심혈관계 스트레스에 미치는 영향을 알아보고 도수 수동운동 처방의 과학적 근거를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 심혈관계 및 자율신경계, 호흡계 및 정형



Fig. 1. The measuring position of HRV using pulse oximeter

계 질환, 그리고 비만 및 대사성질환 병력이 없는 건강한 성인 35명(남자 18명, 여자 17명)을 대상으로 수행하였다. 대상자의 평균 연령은 28 ± 8 세이며, 평균 체중은 62 ± 11 kg, 그리고 평균 신장은 167 ± 2 cm이다. 모든 대상자는 연구에 대한 의의와 설명을 듣고 자발적으로 연구 참여에 동의하였고, 모두 동의서를 작성하였다.

2. 측정방법 및 절차

우리는 본 연구에서 HRV에 영향을 미칠 수 있는 외부 변수를 최대한 통제하였다. 실험실 온도는 23°C , 습도는 65%로 유지하였고 외부의 소음을 모두 차단하였다. 그리고 대상자에게 실험 하루 전부터 음주와 카페인 섭취, 흡연, 그리고 무리한 운동을 제한시켰다. 실험은 오후 5시 저녁식사를 마친 후 2시간이 지난 오후 7시부터 실시하였으며, 실험이 시작되기 10분전에 실험실에 배치된 의자에 앉아 안정을 취하도록 하였다.

HRV의 측정에 사용한 기기는 Ubioclipv70(Biosense creative, 대한민국)으로 좌측 검지 손가락에 펄소옥시미터(pulse oximeter)를 부착하여 HRV를 측정하였다(Figure 1). 측정 자세는 의자에 앉은 자세로 10분간의 안정을 취한 후, 테이블 위에 팔을 올려 심장 높이로 유지되는 자세를 취했다. HRV는 2회 사전 측정하고 측정값의 평균을 구하였다. 이후 대상자를 침대에 편안하게 눕혔다. 도수 수동운동은 임상경력 7년차의 신경계 전문 물리치료사가 수행하였으며, 임상에서 일반적으로 사

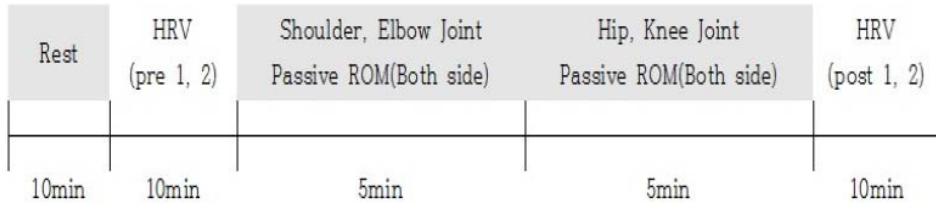


Fig. 2. Protocol of experiment

용되는수동관절운동기법에 맞추어 다음과 같은 방법으로 실시하였다. 물리치료사가 상완과 전완을 잡고, 견관절과 주관절을 굴곡 신전 시킨 뒤, 이후 견관절을 외전과 내전 그리고 회전 시켰다. 이어서 하지는 하퇴과 뒤꿈치를 잡고 슬관절과고관절을 굴곡, 신전시키고 이어서 고관절을 외전 내전 그리고 회전 시켰다. 각 운동은 한 지절마다 2분30초씩 실시하였다. 사지 모두 운동을 완료하는데 걸리는 시간은 10분이었다. 운동을 실시 할 때, 관절가동범위는 각 관절의 중간 범위에서만 실시하였다. 운동을 실시하는 동안 불편감이 있다면 이 보다 작은 범위에서 실시하였다. 수동운동이 끝난 직후 사전 측정방법과 동일한 방법으로 HRV를 2회 측정하고 평균 값을 산출하였다(Figure 2). 산출된 값은 평균 심박수, 교감신경의 주파수 영역을 반영하는 LF, 부교감신경의 주파수 영역을 반영하는 HF와 교감신경과 부교감신경 활성화 비율을 반영하는 LF/HF ratio, 그리고 미주신경의 활성을 반영하는 RMSSD와 HRV index이다.

3. 통계처리

본연구에서얻어진 모든 데이터는 윈도우용SPSS 12.0 통계프로그램을사용하여 통계처리 하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차로 기술하였으며, 수동운동 전과 후의 값을 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 결과

평균 심박수는 수동운동 후 증가하였으나 유의하지 않았다. LF는 수동운동 후 유의하게 증가하였고 ($p < .05$), HF는 감소하였는데 유의하지 않았다. LF/HF

Table 1. Comparison of heart rate variability analysis during manual passive exercise

Category	Pre
mean HRT(beat/min)	67.84±10.31
LF*(ms^2)	6.12±0.97
HF(ms^2)	6.04±0.82
LF/HFRatio(%)	1.13±0.14
RMSSD(ms)	54.45±20.42
HRVindex(%)	49.28±19.02

All data represent the Mean ±SD, * $p < .05$

ratio는 수동운동 후 증가하였으나 유의하지 않았다. 그리고 RMSSD와 HRV index는 수동운동 후 감소하였으나 유의하지 않았다(Table 1).

IV. 고찰

본 연구는 정상 성인을 대상으로 도수 수동운동 적용에 따른 자율신경계의 영향을 알아보고자 수행하였고, 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 여러 변수들을 통제하기 위해 10분 동안 의자에 앉아 안정을 취하도록 하는 등 최대한의 노력을 하였다. 그럼에도 불구하고 물리치료사가 대상자의 팔과 다리를 잡고 수동운동을 실시한 결과, 유의한 교감신경계 활성의 증가와 비록 유의하지 않지만 심박수의 증가를 보였다.

이는 신경계 고위 중추의 교감신경계 활성화 기전에 의한 것으로 생각된다. 즉, 수동운동 시 운동을 수행한다는 생각을 시작하면 곧바로 심장의 교감신경계 활성화와 부교감신경계의 억제가 발생되는데, 이에 심박수가 빨라지면서 운동에 대비하게 되는 것이다. 이 같은 기전은 신경계 고위 중추에 의한 중추명령에 의한 것으로

로, 중추명령이 자율신경계에 영향을 미친 것으로 생각된다(Williamson, 2010). Thelandersson 등(2012)은 집중 치료실에 입원중인 중환자와 정상인을 대상으로 하지 수동운동을 수행하였는데, 수동운동 전과 후에 총대퇴 동맥의 혈류속도와 혈관저항, 그리고 혈압과 심박수를 측정하였다. 그 결과, 중환자의 경우 수동운동 전과 후에 유의한 차이가 없었으나, 정상인의 경우 수동운동 후 수축기혈압 그리고 평균 혈압의 증가를 보였다. 이는 본 연구의 결과와 유사한 것으로 생각되며, 정상인의 경우 의식이 명료하므로 신경계 고위중추가 수동운동을 수행한다는 것을 인식하여 자율신경계에 영향을 미친 것으로 생각된다. 하지만 본 연구와 달리 Thelandersson 등(2012)의 연구는 혈압의 증가는 보였으나, 수동운동 후 맥박동수는 증가하지 않았다. 이는 중추명령 기전에 의한 자율신경계의 영향은 극소하며, 본 연구의 결과는 중추명령 외에 또 다른 기전이 자율신경계에 영향을 미쳤을 것이라 생각된다.

수의적인 근수축은 맥박동수와 혈압을 증가시킨다. 이는 중추신경계로부터 원심성으로 근육에 전달되는 중추명령에 의해 심혈관 중추가 영향을 받는 것으로, 중추명령이론이 이를 뒷받침하고 있다(Williamson, 2010). 하지만, 중추명령이 없는 경우에도 근수축이 유발되면 심박수가 증가될 수 있다. McMahon과 McWilliam (1992)은 제뇌된 고양이의 척수 전근에 전기자극을 주어 근수축을 유발시켰을 때, 심박수와 혈압이 증가됨을 보고하였다. 이는 중추명령에 의한 원심성 자극 없이, 수축된 근육의 구심성 자극 전달에 의해 피드백 되어 심혈관 중추가 영향을 받은 것이다. 이때, 근육의 수축에 자극 받은 수용기는 근육 내에 존재하는 운동감수기라 생각된다. 운동감수기는 group III와 group IV 수용기가 있는데, group III 수용기는 신장이나 수축 또는 압력과 같은 기계적 자극에 의해서 자극을 받으며, 근육을 갑자기 수축 중지할 때 반응한다. 그리고 group IV 수용기는 근 수축으로 인해 생기는 포타슘, 브라디키닌, 그리고 무기성 인산과 같은 대사물질에 의해서 자극을 받는데, 이 두 수용기는 다양상의(polymodal) 형태를 지니기 때문에 기계적, 화학적 작용 모두에 반응할 수 있다. 또한, 인체의 경우도 동일한 반응을 보일 것이라

생각된다. Gladwell과 Coote(2002)는 인체에서 근육의 신장 시 심박수와 혈압이 증가됨을 보고하였다. 즉, 인체에서도 중추명령 없이 근육의 자극에 의한 피드백으로 심혈관 중추가 영향을 받을 수 있다는 것을 시사하며, 본 연구의 결과 또한, 운동 감수기의 자극 반응이 자율신경계에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 연구에서 수동운동은 물리치료사에 의해 조심스럽게 수행되었다. 그 방법은 근육이나 관절조직 신장을 일으키지 않는 범위까지, 중간 범위의 운동을 수행하였다. 이에 중간 범위에서 수행된 수동운동은 관절조직 신장을 일으키지 않아, 자율신경계의 반응은 거의 없을 것이라 생각되었다. 하지만 수동운동을 실시하였더니 LF가 증가되었고, 이는 교감신경계가 활성화 되었다는 것을 의미한다. 또한, 유의하지 않았지만 미주신경의 긴장도 약간 감소하는 것이 관찰되었다. 이 같은 결과는 선행연구에서 수행된 끝 범위까지 도달하는 지속신장과 같은 효과는 아니지만, 각 지절마다 5분씩 수동운동을 실시하는 동안 근육이 짧아지고, 늘어나는 자극이 주어진 것으로 생각된다. 즉, 끝 범위에 가까워질수록 근육의 길이는 늘어나게 되고, 또한 근육이 초기 범위에 가까워질수록 근육이 짧아지게 되는 것이다. 이때, 본 연구에서 수행된 운동방법이 근육 내 운동감수기를 자극했을 가능성을 배제할 수 없다.

자율신경계의 스트레스상황은 교감신경계 증진에 비해서 부교감신경계의 하강이 두드러지고 LF/HF ratio가 감소할 경우라고 볼 수 있다(Kim과 Lee, 2011). 하지만 본 연구에서는 LF가 상승하였지만 LF/HF ratio가 증가하였다. 즉, 본 연구에서 HF의 감소가 두드러지지 않았다. 그 결과, 수동운동의 적용은 교감신경 활성화의 증가나 부교감신경 활성화의 감소가 두드러지게 나타나지 않았다는 것을 나타낸다. 그리고 부교감신경의 활성화 정도를 평가하는 RMSSD와 심장의 역동성을 평가하는 HRV index도 감소하였으나 유의하지 않았다(Kleiger 등, 1992). 그러므로 물리치료사에 의해 수행되는 중간 범위의 도수 수동운동은 심혈관계 스트레스 요인이 될 수 없다. 또한, 현재 중환자 관리에서도 수동운동을 수행하는 것이 권장되어오고 있는데(Gosselink 등, 2008), 중환자를 대상으로 한 도수수동 운동은 미주신경의 긴

장에 직접적인 영향을 주지 않아 안전하게 적용될 것이 라 사료된다.

기존의 수동운동 관련 연구를 보면, 물리치료사가 손으로 시행하는 수동운동보다는 기계나 도구를 이용한 수동운동 연구들이 많다. 그리고 이 같은 연구들은 대부분 기계나 도구를 적용하였을 때 사지의 혈액순환을 유도할 수 있는지 알아보는 연구들이 많았다(Amidei 과 Sole, 2013). 오히려 자율신경계와 심장에 어떤 영향을 미치는지 알아보는 연구들은 부족하였다. 본 연구는 상하지 도수 수동운동 시 심장의 기능에 영향을 미치는 자율신경계에 대한 영향을 알아보았고, 그 결과 교감신경이 활성화되고 약간의 심박수 증진이 나타났다. 즉, 심박수의 증가가 일어났으므로, 사지혈액의 순환 또한 증진될 가능성이 있음으로 사료된다. 또한, Achugbue (2009)는 수동운동의 수행이 대뇌혈류를 개선시킬 수 있음을 보고하였는데, 이에 수동운동이 사지의 혈류뿐만 아니라 대뇌혈류가 증진될 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 우리는 이에 대한 근거를 추후 명확한 실험을 통해서 좀 더 알아봐야 될 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 물리치료사들이 세심하게 조절하며 수행하는 도수 수동운동이 안전하였다는 것을 보여주었다. 또한, 수동운동에 의한 대뇌혈류 및 사지혈류 증진의 가능성을 보았는데, 추후 연구에서는 다양한 방법의 연구를 통해서 도수 수동운동의 과학적 근거를 수립해야 할 것이다.

References

Achugbue FS. The effects of therapeutic passive movement on cardiovascular response in stroke patients. *Research journal of medical sciences*. 2009;3(1):12-5.

Amidei C, Sole ML. Physiological responses to passive exercise in adults receiving mechanical ventilation. *Am J Crit*

Care. 2013;22(4):337-48.

Gladwell VF, Coote JH. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: a role for mechanoreceptors. *J Physiol*. 2002;540(3):1095-102.

Gosselink R, Bott J, Johnson M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med*. 2008;34(7):1188-99.

Jang YS, Min JW, Yoo BG, et al. Changes of electrocardiogram and cardiac enzymes in acute ischemic stroke. *J Korean Neurol Assoc*. 2001;19(3):207-12.

Kim IB, Kim EK, Kang JH. The influence of position change on autonomic nervous system function. *J koreansocphys med*. 2014;9(1):63-8.

Kim JI, Lee JS. Effects of Clinical Training on Stress, Anxiety and Changes in Autonomic Nervous System in Nursing Students. *J Korean BiolNurs Sci*. 2011; 13(2):102-8.

Kleiger RE, Stein PK, Bosner MS, et al. Time domain measurements of heart rate variability. *CardiolClin*. 1992;10(3):487-98.

Lee TK, Chung WH. Vestibular influences on autonomic regulation. *J korean balance soc*. 2006;5(2):329-35.

Lynch D, Ferraro M, Krol J, et al. Continuous passive motion improves shoulder joint integrity following stroke. *ClinRehabil*. 2005;19(6):594-9.

McMahon SE, McWilliam PN. Changes in R-R interval at the start of muscle contraction in the decerebrate cat. *J Physiol*. 1992;447:549-62.

Shin YA, Kim MJ, Ahn JH. The comparison of heart rate variability and blood pressure according to posture and exercise type. *Exercise science*. 2011;20(3): 249-60.

Thelander A, Volkman R, Cider A. Blood flow velocity and vascular resistance during passive leg exercise

- in the critically ill patient. *ClinPhysiolFunct Imaging*. 2012;32(5):338-42.
- Williamson JW. The relevance of central command for the neural cardiovascular control of exercise. *Exp Physiol*. 2010;95(11):1043-8.
- Zeppos L, Patman S, Berney S, et al. Physiotherapy in intensive care is safe: an observational study. *Aust J Physiother*. 2007;53(4):279-83.