

자세 조절 운동이 심장이식환자의 심박수 상승지연에 미치는 영향 -단일사례연구-

최수홍 · 이상열†

부산대학교병원 재활의학과, ¹경성대학교 물리치료학과

Effects of Postural Control Exercise on the Delayed Heart Rate Increase in Heart Transplant Patients -A Case Study-

Su-Hong Choi · Sang-Yeol Lee†

Department of Physical Therapy, College of Science, Kyungsoong University

¹Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

Received: April 2, 2018 / Revised: June 15, 2018 / Accepted: June 15, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to investigate the effects of postural control exercise on the delayed heart rate increase in heart transplant patients.

Methods: The subject was a female heart transplant recipient who had a delayed increase in heart rate during exercise. The intensity of exercise was performed at MBorg level 4. The A-B-A' and A-B-A'-B' designs were used to identify the changes in heart rate during active-assisted exercise, lower limb postural control exercise, and upper limb postural control exercise. Experiments were performed for four weeks. The heart rates at pre- and post-exercise were compared, and the time to reach MBorg 4 was measured.

Results: In the active-assisted exercise, the average heart rates at pre- and post-exercise and after 10 min of exercise were 88, 89, and 87.7 bpm, respectively. In the repetitive comparison of pre- and post-exercise in the lower limb postural control exercise, the difference in the mean heart rate was 3.5 and 3 bpm in stable support and 14 and 14.5 bpm in unstable support, respectively. In the repetitive comparison of pre- and post-exercise in the upper limb postural control exercise, the difference in the mean heart rate was 6 and 4 bpm in stable support and 4 and 4.5 bpm in unstable support. The time required to reach MBorg 4 was short when both the upper and lower postural control exercises were performed in an unstable state.

Conclusion: We suggest that combining proper postural control exercise with strength exercise and aerobic exercise, among others, may be effective in rehabilitating patients in the recovery stage after a heart transplant.

Key Words: Heart transplant, Heart rate, Postural control training, Exercise therapy

†Corresponding Author : Sang-Yeol Lee (sjslh486@ks.ac.kr)

I. 서론

심장이식은 심장질환의 최후 단계에 있는 환자를 대상으로 수술이 환자의 생존 가능성을 높일 수 있다고 판단되는 환자에게 적용되는 선택적 치료방법이다. 심장이식은 남아프리카 공화국의 Christian Barnard에 의해 1967년 최초로 성공한 수술 방법으로서 초기 짧은 시간 생존을 연장하는데 그쳤었지만 의학의 발전으로 점차 생존기간이 길어졌다 (Hosenpud et al., 1999; Kriett & Kaye, 1991). 현재에 이르러서는 1년 생존율이 80~90%, 5년 생존율이 60~70%를 넘어설 만큼 심장이식 환자의 생존율이 꾸준히 증가하고 있다 (Kaye, 1993).

생존율의 증가와는 별개로 심장이식 후 운동능력과 골밀도 감소 등의 문제는 환자들이 공통적으로 겪는 증상이다. 수술 후 1년 동안은 건강한 사람과 비교하여 운동능력이 크게 감소하는 것으로 보고되고 있다 (Givertz et al., 1997; Quigg et al., 1989). 특히 자율신경계 절단으로 인한 심박수의 비정상적인 변화와 면역억제성 약물에 의한 부차적인 근육량의 손실등은 심장이식 후 주요한 운동능력 감소를 일으키는 인자로 알려져 있다 (Ehrman et al., 1992; Kao et al., 1994).

심장이식 환자는 수술 과정 중 신경을 절단하게 되고 이로 인해 심장은 정상인과 다르게 반응하게 된다(Givertz et al., 1997). 특히 운동 시 나타나는 정상적인 심박수 상승이 지연되는데 이는 신경이 절단된 심장이 심박출량의 자율조절능력을 상실하고 대신 호르몬에 의해 심박출량을 조절하기 때문이다 (Badenhop, 1995). 정상인에 있어서는 운동 시 부교감신경의 지배가 사라짐으로써 1차적으로 심박수가 증가하고 2차적인 반응으로 호르몬에 의한 심박출량 조절이 나타나는데 이러한 차이로 인해 심장이식 환자들은 정상인에 비해 반응이 지연되거나 둔화되게 된다 (Pope et al., 1980; Savin et al., 1980). 따라서 심장이식 환자들에게 적당한 강도의 운동을 설정하는 것에 어려움이 있고 이는 초기 효과적인 운동의 적용에 어려움을 준다. 하지만 심장이식 환자에게 운동으로 인한 효과가 발

생되지 않을 경우 골밀도 감소, 운동능력 감소, 지연된 심박수의 상승 등은 환자의 사망율을 증가시키는 직, 간접적인 요인이 될 수 있다(Shane et al., 1998; Van Cleemput et al., 1996) 이러한 이유로 심장이식 후 재활의 초기부터 마지막 단계까지 다양한 물리치료적 중재가 필요하다. 그럼에도 불구하고, 약물 치료등의 의학적 중재 이외에 운동능력 증진을 위한 일반적인 근력운동과 유산소운동에 대한 연구 (Braith & Edwards, 2000; Geny et al., 1996)는 진행되었지만 심박수의 상승 지연에 대해 운동방법을 통한 조절을 시도한 연구는 없었다.

본 사례연구는 지연된 심박수의 상승을 보이는 심장이식 환자에게 상, 하지의 불안정성을 제공하여 심박수 상승 지연에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시되었다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상자

본 사례연구의 대상자는 부산대학교병원에 입원하고 있는 심장이식 환자들 중 재활을 위해 물리치료실에서 치료중재를 받는 분들을 대상으로 실험의 의의를 설명하고 환자와 보호자 모두가 참가에 동의한 1명의 환자를 선정하였다. 대상자는 신장 165cm, 체중 72kg, 나이 59세의 여성분으로서 심근염 진단을 받고 2017년 11월 4일 우측 대퇴동맥에 체외막산소공급 (extra-corporeal membrane oxygenation, ECMO) 실시 후 호전이 없어 2017년 11월 18일 심장이식 수술을 받은 분이었다. 수술 후 2017년 11월 23일부터 외과계중환자실에서 조기 물리치료를 시작하여 2주간 일 2회의 물리치료를 받았고 이후 물리치료실에서 매일 1회 물리치료를 받았다. ECMO 시술 후 양 하지 무력감을 호소하여 초기 물리치료 기간 동안 침상에서 바로 누워 약 2주간 하지의 능동보조운동을 실시하였고 3주째부터 물리치료실에서 2주간 운동치료를 실시하였

다. 연구를 시작하기 전 환자와 보호자에게 연구 참가 동의를 배포하여 환자의 구두 동의와 보호자의 서면 동의를 받았고, 물리치료를 시작한 시점부터 환자의 운동방법, 심박수, 목표 강도 도달시간 등을 기록하였다.

2. 실험 절차 및 중재 방법

본 연구는 단일 환자를 대상으로 치료적 중재에 따른 변화를 연구하는 실험으로서 심장이식 환자를 대상으로 수술 직후부터 퇴원하는 시점까지 환자의 회복 수준에 따라 물리치료 중재를 진행하며 동시에 실험을 실시하였다. 운동에 앞서 운동자각도를 평가하기 위한 수정 Borg 척도(modified Borg scale, MBorg)에 대해 대상자와 보호자에게 자세히 설명하고 스스로 운동강도를 표현 할 수 있는 연습을 하였고, 운동자각도에 대한 유인물을 배부하였다(fig. 4). 운동 시 강도는 MBorg 기준 4로 일정하게 실시하였다.

대상자가 중환자실에서 입원하고 있는 기간 동안 하지의 능동보조운동을 바로 누운자세에서 시행하였고 운동 전 안정 심박수, 운동 직후 심박수, 운동 10분 경과 후 심박수를 측정하였다. 물리치료실에서 운동을 시작한 시점부터 하지의 능동보조운동 이외에 앉은 자세에서 일어서기, 일어서서 유지하기, 상지의 저항운동 등을 실시하였다.

불안정한 지지 면에서 하지의 자세 조절 운동이 심박수 상승의 지연에 미치는 영향을 확인하기 위해 A-B-A'-B' 설계를 사용하였다. 운동 A와 B 모두 기립 운동으로서 준비를 위해 대상자가 테이블의 끝에 무릎관절과 엉덩관절이 90도로 유지되게 앉은 상태를 기준으로 하여 고정식 보행기를 잡고 일어서게 한 후 자세 조절을 통해 기립자세를 유지하게 하였다. 운동 A는 일반적인 기립운동으로서 기립자세에서 MBorg 4에 이를 때까지 자세를 조절하게 하고 운동 전과 후의 심박수와 MBorg 4에 이르는 데 소요된 시간을 기록하였다. 운동 B는 대상자에게 심리적 동요를 일으킬 수 있는 자극을 주기 위해 반구 형태의 에어쿠션(Fig 1) 위

에 서게 하고 MBorg 4에 이를 때까지 자세를 조절하게 하여 운동 전과 후의 심박수와 MBorg 4에 이르는 데 소요된 시간을 기록하였다. 측정은 A와 B를 번갈아가며 두 번 반복하였고(A-B-A'-B') 물리치료실에 내원하여 퇴원하는 날까지 매주 1회 총 2번 측정하였다. A와 B사이의 휴식은 환자가 MBorg 0 이라고 느끼는 순간까지 충분히 부여하였다.

상지의 자세 조절 운동이 심박수 상승의 지연에 미치는 영향을 확인하기 위해 또한 A-B-A'-B' 설계를 사용하였다. 운동 시작 자세로 운동 A와 B 모두 테이블에 무릎관절과 엉덩관절이 90도가 되게 앉고 상체는 해부학적 자세를 취하게 하였다. 운동 A는 3kg의 무게(Fig. 2)를 들고 '시작'이라는 실험자의 구령과 함께 MBorg 4에 이를 때까지 팔꿈치관절을 굽혔다 폈다를 반복하였다. 운동 시작자세와 운동 직후의 심박수, MBorg 4에 이르는 시간을 기록하였다. 운동 B는 무게 중심이 불안정하게 변화되는 3kg의 Splash pipe를(Fig. 3) 동일 시작자세에서 들고 '시작'이라는 실험자의 구령과 함께 MBorg 4에 이를 때까지 팔꿈치관절을 굽혔다 폈다를 반복하였다. 또한 운동 시작 자세와 운동 직후의 심박수, MBorg 4에 이르는 시간을 기록하였다. 측정은 A와 B를 번갈아가며 두 번 반복하였고(A-B-A'-B') 물리치료실에 내원하여 퇴원하는 날까지 매주 1회 총 2번 측정하였다. A와 B사이의 휴식은 환자가 MBorg 0 이라고 느끼는 순간까지 충분히 부여하였다.

3. 실험도구 및 측정방법

1) 운동장비



Fig. 1. Balance trainer Pro Edition (BOSU, USA).



Fig. 2. 3kg weight (1.5kg x 2).



Fig. 3. Slashpipe (SLASHPIPE, Germany).



Fig. 5. Patient monitor (PAMO 2: MEK-ICS CO., LTD.).

2) 수정 Borg 척도(modified Borg scale, MBorg)

0점부터 10점까지 숨찬 증상을 점수로 나타내는 표로서 0점은 우리가 일상적으로 숨을 쉬고 있는 상태로서 보통의 경우 숨찬 증상은 0점이라 할 수 있다. 달리기와 같은 운동을 한다면 숨이 찰 수 있는데 "약간 힘들다."라고 느껴질 때가 4점이다. "힘든 건 아닌데 0점은 아니다." 라고 한다면 파란색 구간(0~3점)에서 결정 하면 하면 된다. 녹색인 4점 또는 5점까지는 "힘들다"라고 말로 표현이 가능할 때이다. 빨간색인 구간에서는 "힘들다"라고 말로 표현하기가 어렵다. 9 점 또는 10점은 의료적 조치가 취해지지 않으면 이 상황을 탈출할 수 없을 것 같을 때이다(Fig. 4).



Fig. 4. Modified Borg scale.

3) 심박수의 측정

대상자가 중환자실에 입원하고 있는 기간과 실험 기간 동안 심박수 측정을 위해 사용한 장비는 PAMO 2 patient monitor 로 심박수, 산소포화도, 혈압측정이 가능하였다(Fig 5). 대상자는 운동 중재와 함께 PAMO 2 patient monitor의 유선 측정기를 두 번째 손가락에 착용을 하여 운동 전, 운동 후의 심박수 변화를 기록하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 능동보조운동

중환자실에서 MBorg 4 의 능동보조운동을 실시했던 2주 동안 총 3회 측정된 심박수 평균값은 운동 전 88bpm, 운동 직후 89bpm, 운동 10분 후 87.7bpm으로 나타났다(Fig. 6).

2. 하지 자세 조절 운동(A-B-A-B)

기립자세에서 자세를 조절하는 동안(A, A') 심박수 평균값은 A에서 운동 전 89.5bpm, 운동 직후 93bpm으로 운동 직후 3.5bpm의 증가를 보였고 A'는 운동 전 93.5bpm, 운동 직후 96.5bpm으로 운동 직후 3bpm의

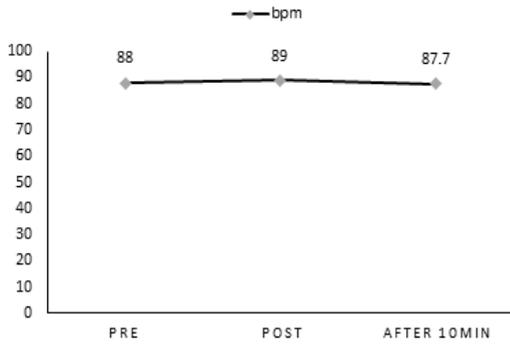


Fig. 6. Heart rate change of active assist exercise (bpm).

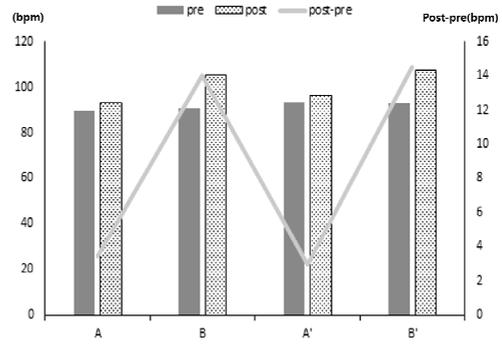


Fig. 7. Heart rate change of lower limb postural control exercise (bpm).

증가를 보였다. 또한 MBorg 4에 도달하는데 까지 소요된 평균 시간은 A 4.75분, A' 5분으로 나타났다. 불안정한 지지 면에서 자세 조절을 하는 동안(B, B') 심박수 평균값은 B에서 운동 전 91bpm, 운동 직후 105bpm으로 운동 직후 14bpm의 증가를 보였고 B'는 운동 전 93bpm, 운동 직후 107.5bpm으로 운동 직후 14.5bpm의 증가를 보였다(Fig. 7). 또한 MBorg 4에 도달하는데 까지 소요된 평균 시간은 B 1.2분, B' 0.9분으로 나타났다(Fig. 9).

3. 상지 자세 조절 운동

앉은 자세에서 상지의 근력운동을 하는 동안(A, A') 심박수 평균값은 A에서 운동 전 93bpm, 운동 직후

99bpm으로 운동 전과 운동 직후 6bpm의 차이를 보였고 A'는 운동 전 92.5bpm, 운동 직후 96.5bpm으로 운동 전과 운동 직후 4bpm의 차이를 보였다. 또한 MBorg 4에 도달하는데 까지 소요된 평균 시간은 A 4.65분, A' 5.1분으로 나타났다. 불안정한 무게중심을 조절하며 근력운동을 실시하는 동안(B, B') 심박수 평균값은 B에서 운동 전 93bpm, 운동 직후 97bpm으로 운동 전과 운동 직후 4bpm의 차이를 보였고 B'는 운동 전 93bpm, 운동 직후 97.5bpm으로 운동 전과 운동 직후 4.5bpm의 차이를 보였다(Fig. 8). 또한 MBorg 4에 도달하는데 까지 소요된 평균 시간은 B 1.3분, B' 1.1분으로 나타났다(Fig. 9)

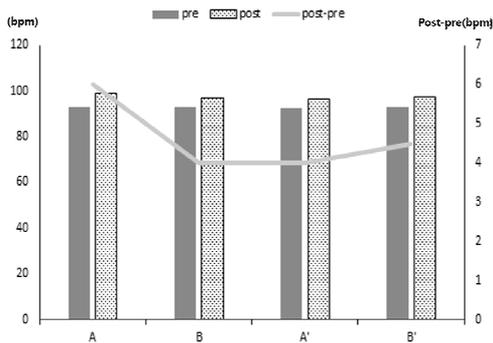


Fig. 8. Heart rate change of upper limb postural control exercise (bpm).

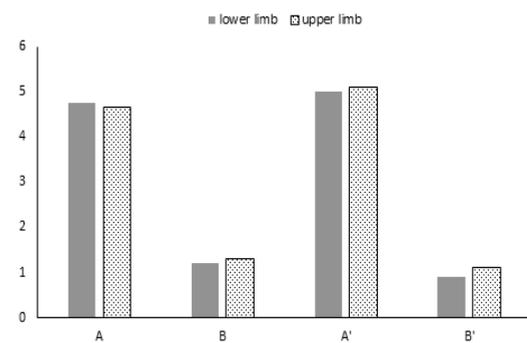


Fig. 9. MBorg 4 reached time (min).

IV. 고찰

심장이식 환자는 수술 시 신경이 절단되어 운동에 특이하게 반응하는데 정상적인 경우와 달리 운동 후 심박수의 상승이 지연되거나 감소하는 것이 대표적인 특징의 하나이다(Givertz et al., 1997). 이는 심장의 교감신경과 부교감신경이 운동 중 심박수를 직접적으로 조절하지 못하기 때문인데 운동에 반응하는 심박수의 상승이 정상인에 비해 느린 반응을 보이는 한편 운동 종료 후 회복기 3분의 심박수 감소는 정상인에 비해 느린 감소를 보임으로써 운동 후 회복을 역시 지연되는 것으로 알려져 있다(Lee, 2001). 본 사례연구의 대상자가 수술 직후 중환자실에 입원하고 있는 2주동안 MBorg 4의 능동보조운동을 하며 나타난 운동 전, 운동 직후, 운동 10분후 심박수의 변화를 통해 일부 확인할 수 있었다. 중환자실에서 운동을 하는 기간 동안 운동 전의 심박수가 운동을 끝낸 직후와 10분이 지난 후까지 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과를 통해 심장이식 환자가 MBorg 4의 강도의 운동에서 지연된 심박수 증가를 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 자율신경계가 완전히 회복되지 않은 심장이식 환자에게 있어서 자율신경계에 의한 조절이 아닌 2차적인 스트레스 호르몬의 분비로 인하여 심박수가 지연 상승한다는 기존의 연구와 동일한 결과를 보였다(Manyande et al., 1995).

심리적 동요가 심박수의 상승 지연에 변화를 줄 수 있는지를 확인하기 위하여 불안정한 지지면과 안정적인 지지 면에서의 운동 수행 직후의 심박수 변화는 다음과 같다. 불안정한 지지 면에서의 자세 조절 운동은 운동 직후 심박수의 변화가 큰 폭으로 증가되었고, 지지면을 제외하고 다른 조건들을 동일하게 유지한 하지 자세 조절 운동은 심박수의 변화를 보이지 않았다. 또한 MBorg 4에 도달 하는 시간은 불안정한 지지 면에서의 자세 조절 운동에서 더욱 짧았다. 이는 반복 측정한 A'와 B'에서도 동일한 양상으로 나타났다. 이러한 결과는 불안정한 지지면은 안정한 지지 면에서의 자세 조절 운동에 비하여 심리적인 불안정

성을 제공하여 빠른 심박수 상승을 보였을 것으로 생각된다. 일반적인 안정면에서의 자세 조절 운동은 시간이 지남에 따라 스트레스에 의한 생리적 반응으로 부신수질에서 에피네프린(epinephrine)과 노어에피네프린(norepinephrine)이 분비되고, 부신피질에서는 코티솔(cortisol) 및 코티코스테론(corticosterone)이 분비되어 심박수를 변화시키므로 호르몬의 분비 시간과 심장의 반응 시간으로 인하여 지연된 심박수 증가를 가져온 것으로 생각된다(Manyande et al., 1995; Salmon et al., 1986). 하지만 불안정면에서의 균형조절 운동은 놀라는 반응과 같은 심리적 동요로 인하여 일반적인 스트레스에서보다 분비량이 증가하는 에피네프린과 노어에피네프린에 의하여 빠른 심박수의 증가를 가져온 것으로 생각된다(Manyande et al., 1995; Salmon et al., 1986).

본 사례연구에서 낙상의 위험을 수반하는 불안정한 지지 면에서 심리적 동요를 느끼며 운동을 하는 것이 심박수 상승을 이끌어 내는 호르몬의 반응을 낼 수 있을 것으로 추측된다. 하지만 이에 대한 것은 추후 자세 조절 운동 직후의 혈액검사를 통하여 호르몬 분비 속도와 양에 대한 연구가 추가적으로 실시되어야 할 것으로 생각된다.

불안정한 상태에서 자세 조절을 하기 위한 시도를 하는 동안 주변관절에서 나타나는 근육의 동시수축(co-contraction)이 심박수의 상승 지연을 줄여주는지를 확인하기 위해 하지의 자세 조절 운동과 상지의 자세 조절 운동을 비교하였다. 3kg의 아령으로 MBorg 4에 이르도록 운동을 한 경우와 동일한 무게의 Splash Pipe로 자세를 유지하며 근력운동을 동일한 강도에 이르기까지 한 경우에서 심박수의 차이는 발견할 수 없었다. 하지만 하지 자세 조절 운동의 경우와 마찬가지로 불안정한 상태를 조절하며 운동을 실시하는 경우 MBorg 4에 도달하는 시간이 12초로 일반 근력운동에 비해(4.9초)짧은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 불안정한 지지 면에서의 운동이 관절 주변근육의 동시수축을 만들어 내고(Horsak et al., 2015) 더 많은 근육을 동원하게 되어 대상자의 목표 MBorg에 빨리 도달

할 수 있었던 것으로 추측된다. 그러나 동시수축을 통해 운동의 강도가 빠르게 증가되는 것이 심박수 상승 지연을 감소시키지는 못하였다. 이는 하지의 자세 조절 운동에서 나타난 심박수 상승 지연의 감소가 단지 운동강도의 증가로 인한 것이 아닌 심리적인 불안정성이 심박수 변화에 더욱 빠른 반응을 만든다는 결과를 뒷받침 해준다고 해석 할 수 있을 것이다.

심장이식 후 초기 안정 심박수가 높은 경우 환자들의 예후가 나빠질 수 있음을 증명한 선행 연구를 통해 (Barge-Caballero et al., 2015) 심박수를 올리기 위해 실시된 무리한 운동은 심장이식 환자에게 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 심장이식 후 환자는 근력향상과 최대산소섭취량의 향상을 위해 운동은 권장되고 있다(Hsieh et al., 2011). 특히 심장이식 이후 자율신경이 서서히 나타난다는 점에서(Takakura et al., 2017) 심박수 상승 지연의 개선은 환자의 재활과정에 있어서 필요한 과정일 수 있음을 시사한다.

본 연구의 결과 심리적 불안정성을 동반할 수 있는 MBorg 4의 운동은 보다 빠른 심박수의 변화를 보일 수 있는 조건임을 밝히고 있으며 지연 심박수의 변화를 줄이는 방법으로 제시될 수 있다. 하지만 이러한 심박수의 변화가 환자의 생존율과 회복에 어떠한 영향을 미칠지에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 생각되며 지연 심박수의 변화가 호르몬의 분비량과 속도에 의한 것인지에 대한 연구가 추후 필요할 것으로 생각된다. 하지만 중환자실 물리치료에 있어 심장이식 환자의 운동 적용 시 심박수 변화 유무의 필요성에 따라 불안정 지지 면에서의 자세 조절 운동 적용이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 사례연구에서 하지 자세 조절 운동을 통해 심리적 동요를 겪으며 운동을 실시한 심장이식환자가 심박수의 상승지연이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 심장이식 후 회복단계의 환자들의 재활을 위해 근력운동, 유산소운동 등과 함께 적절한 자세 조절 운동을 병행하는 것이 효과적 일수 있을 것이라 제안하는 바이다.

Acknowledgements

This research was supported by Kyungsoong University Research Grants in 2018.

References

- Badenhop DT. The therapeutic role of exercise in patients with orthotopic heart transplant. *Medicine and science in sports and exercise*. 1995;27(7):975-985.
- Barge-Caballero E, Jimenez-Lopez J, Chavez-Leal S, et al. Prognostic significance of heart rate and its long-term trend in cardiac transplant patients. *Revista española de cardiología (English ed.)*. 2015;68(11):943-950.
- Braith RW, Edwards DG. Exercise following heart transplantation. *Sports Medicine*. 2000;30(3):171-192.
- Ehrman J, Keteyian S, Fedel F, et al. Cardiovascular responses of heart transplant recipients to graded exercise testing. *Journal of applied physiology*. 1992;73(1):260-264.
- Geny B, Saini J, Mettauer B, et al. Effect of short-term endurance training on exercise capacity, haemodynamics and atrial natriuretic peptide secretion in heart transplant recipients. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1996;73(3):259-266.
- Givertz MM, Hartley LH, Colucci WS. Long-term sequential changes in exercise capacity and chronotropic responsiveness after cardiac transplantation. *Circulation*. 1997;96(1):232-237.
- Horsak B, Heller M, Baca A. Muscle co-contraction around

- the knee when walking with unstable shoes. *Journal of Electromyography Kinesiology*. 2015;25(1):175-181.
- Hosenpud JD, Bennett LE, Keck BM, et al. The registry of the international society for heart and lung transplantation: Sixteenth official report-1999. *The Journal of heart and lung transplantation*. 1999;18(7):611-626.
- Hsieh PL, Wu YT, Chao WJ. Effects of exercise training in heart transplant recipients: a meta-analysis. *Cardiology*. 2011;120(1):27-35.
- Kao AC, Van Trig P, Shaeffer-McCall GS, et al. Central and peripheral limitations to upright exercise in untrained cardiac transplant recipients. *Circulation*. 1994;89(6):2605-2615.
- Kaye M. The registry of the international society for heart and lung transplantation: tenth official report--1993. *The Journal of heart and lung transplantation: the official publication of the International Society for Heart Transplantation*. 1993;12(4):541.
- Kriett JM, Kaye MP. The registry of the international society for heart and lung transplantation: eighth official report--1991. *The Journal of heart and lung transplantation: the official publication of the International Society for Heart Transplantation*. 1991;10(4):491-498.
- Lee HJ. Effects of endurance exercise training on chronotropic response and functional capacity after heart transplantation. Seoul National University. Dissertation of Doctorate Degree. 2001.
- Manyande A, Berg S, Gettins D, et al. Preoperative rehearsal of active coping imagery influences subjective and hormonal responses to abdominal surgery. *Psychosomatic Medicine*. 1995;57(2):177-182.
- Pope SE, Stinson EB, Daughters GT, et al. Exercise response of the denervated heart in long-term cardiac transplant recipients. *The American journal of cardiology*. 1980;46(2):213-218.
- Quigg RJ, Rocco MB, Gauthier DF, et al. Mechanism of the attenuated peak heart rate response to exercise after orthotopic cardiac transplantation. *Journal of the American College of Cardiology*. 1989;14(2):338-344.
- Salmon P, Evans R, Humphrey DE. Anxiety and endocrine changes in surgical patients. *British journal of clinical psychology*. 1986;25(2):135-141.
- Savin WM, Haskell WL, Schroeder JS, et al. Cardiorespiratory responses of cardiac transplant patients to graded, symptom-limited exercise. *Circulation*. 1980;62(1):55-60.
- Shane E, Rodino MA, McMahon DJ, et al. Prevention of bone loss after heart transplantation with antiresorptive therapy: a pilot study. *The Journal of heart and lung transplantation: the official publication of the International Society for Heart Transplantation*. 1998;17(11):1089-1096.
- Takakura IT, Hoshi RA, Santos MA, et al. Recurrence plots: a new tool for quantification of cardiac autonomic nervous system recovery after transplant. *Brazilian journal of cardiovascular surgery*. 2017;32(4):245-252.
- Van Cleemput J, Daenen W, Geusens P, et al. Prevention of bone loss in cardiac transplant recipients: a comparison of biphosphonates and vitamin d. *Transplantation*. 1996;61(10):1495-1499.