

## VII 호흡재활에서 다양한 운동능력검사의 필요성과 국내 셔틀보행검사 도입

고은재<sup>1</sup>, 나승원<sup>2</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 의과대학 서울아산병원 재활의학과, <sup>2</sup>울산대학교 의과대학 울산대학교병원 호흡기내과

There are various tests used to identify exercise capacity and cardiopulmonary function in patients with respiratory diseases; cardiopulmonary exercise test (CPET), 6-minute walking test (6MWT), and the shuttle walking test. The CPET is the gold standard to evaluate exercise capacity, however the test is complicated and needs trained personnel, and sometimes the patients with cardiorespiratory diseases find it difficult to exercise while holding mouthpiece. The 6MWT is a self-paced test which makes it susceptible to a significant training effect, whereas the shuttle walking test is an externally paced test using a simple and easy to use 10m course. It has a high correlation with a peak oxygen consumption and is associated with the hospitalization and survival of many respiratory or cardiac patients. Although the shuttle walking test has many strengths, it has not yet been introduced to Korean hospitals. The characteristics and advantages of using shuttle walking tests (incremental and endurance) will be discussed in this review article.

Key Words: Shuttle walking test, Field walking test, Pulmonary rehabilitation

Corresponding author: Seung Won Ra, M.D.

Department of Internal Medicine, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, 877 Bangeojinsunhwan-doro, Dong-gu, Ulsan 44033, Korea

Tel: +82-52-250-7029, Fax: +82-52-250-7048, E-mail: docra@uuh.ulsan.kr

### 1. 호흡재활에서의 다양한 운동능력검사의 소개

만성 호흡기질환자들의 운동능력 및 심폐기능을 평가하기 위하여 여러가지 검사들이 가능하지만 심폐운동부하 검사가 가장 정확한 검사법으로 알려져 있다. 하지만 심폐운동부하 검사를 시행하기 위해서는 자전거 또는 treadmill 등 고가의 장비와 숙련된 검사자 및 판독을 하기 위한 의료진이 필요하여 임상 현장에서 쉽게 시행할 수 없는 경우가 있다.

Field walking test 또한 만성 호흡기질환 환자에서 많이 사용하는데 환자의 운동 능력을 평가하여 호흡재활에서의 운동 강도를 처방하는데 이용하고, 운동능력을 제한하는 요인들을 발견하기도 하며, 약물치료나 수술 후에 반응을 보기 위해 사용되기도 하고 예후 예측을 위해서 사용하기도 한다<sup>2</sup>. 이러한 field walking test들은 검사 방법 및 특징이 다르기 때문에 여러가지 환경을 고려하여 최적의 검사를 선택하여 사용하여야 한다.

Field walking test 중 전세계적으로 가장 흔히 사용하는 것이 6분 보행검사이다. 6분 보행검사는 30 m의 코스에서 6분 간 자신의 속도로 가능한 멀리 걷는 보행능력을 확인하는 검사로 시행이 간단하고 복잡한 장비가 필요없는 장점이 있지만 일정 부하 검사법이고 time-limited exercise로 본인이 보행속도를 조절할 수 있어 환자의 동기, 학습효과나 격려에 의해 영향을 받을 수 있는 단점이 있고<sup>2</sup>, 3분의 보행 이후에는 산소섭취량이 비슷하다는 보고도 있다<sup>3</sup>. 더구나 현재 국내 6분 보행검사의 수기는 경피적 혈액산소포화도측정(1일당)의 소정점수를

산정하여(고시 제2002-69호)<sup>4</sup> 보험수가가 책정되어 있어 드는 검사자의 노력과 시간대비 너무 저렴하고 30 m 이상의 공간이 필요해서 검사를 아직 세팅하지 못하고 있는 병원도 많은 문제점이 있다.

셔틀보행검사(shuttle walking test)는 1982년에 Léger와 Lambert가 운동선수의 체력을 평가하기 위해서 개발된 20 m 셔틀 달리기 검사<sup>5</sup>를 호흡기질환 환자의 운동능력에 맞게 수정한 것으로 1991년에 Singh 등이 개발한 field walking test이다<sup>6</sup>. 셔틀보행검사는 externally paced 검사방법으로 운동 능력을 평가하는 간단한 검사이면서 표준화가 쉽고 다양한 중증도의 호흡기질환을 가진 환자들에게 활용될 수 있는 검사이다. 또한 10 m 점증부하 셔틀보행검사는 검사시간이 지남에 따라서 산소섭취량이 지속적으로 증가한다는 보고가 있다<sup>7</sup>. 이런 유용성이 알려져 있음에도 불구하고 국내에서는 현재까지 셔틀보행검사가 도입되지 않고 있어 본 종설에서는 셔틀보행검사에 대하여 소개하고 국내 호흡재활 치료에서의 활용 필요성에 대하여 피력하고자 한다.

## 2. 10 m 점증부하 셔틀보행검사(incremental shuttle walking test, ISWT)

### 1) 검사의 소개

10 m 점증부하 셔틀보행검사(ISWT)는 호흡곤란 등의 증상이 한계에 이를 때까지 단계마다 보행속도를 높여서 시행하는 symptom-limited exercise이며 운동부하검사법의 하나이다. 고가의 장비가 필요없는 평지 보행검사라는 측면에서는 6분 보행검사와 비슷하지만 셔틀보행검사 결과의 재현성이 6분 보행검사보다 우월하며, 최대산소섭취량과의 상관관계가 더 강한 것으로 보고되고 있다<sup>3</sup>. 10 m 점증부하 셔틀보행검사의 결과는 만성폐쇄성폐질환 환자의 입원율<sup>8</sup> 및 생존율<sup>9</sup>과 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 폐 절제 수술 전 평가에서 폐기능이 저하되어 있거나 심폐운동부하검사를 시행할 수 없을 경우 10 m 점증부하 셔틀보행검사 총 거리에 따라 최대산소섭취량을 계산할 수 있어<sup>10</sup> 수술 후 합병증에 따른 사망 위험도를 예측할 수 있다<sup>11</sup>. 만성 심부전 환자에서도 10 m 점증부하 셔틀보행검사 총 거리가 450 m 미만이면 불량한 예후의 지표로 보고되고 있어<sup>12</sup> 심혈관 질환의 평가에도 유용한 검사이다.

### 2) 검사 장비와 셔틀보행검사의 코스

셔틀보행검사는 9 m 간격으로 놓인 2개의 원뿔형 표지가 있는 코스가 필요하며(Figure 1), 운동할 수 있는 적절한 복장 및 신발, 최소 10 m 이상의 평평하고 미끄럽지 않은 공간, 줄자, 원뿔형 표지 2개, CD 또는 MP3 플레이어, 보행 검사 동영상, CD 또는 오디오 파일, 산소포화도/맥박 측정기(pulse oximeter), 혈압측정기, 스톱워치, 랩 카운터(lap counter), 수정 Borg 척도(호흡곤란, 하지피로도), 검사결과 기록지, 의자, 자동체세동기가 필요하다.

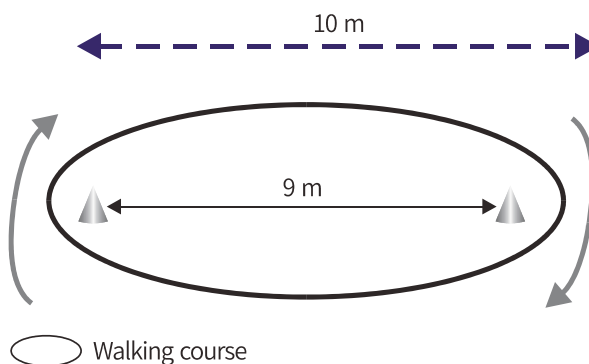


Figure 1. The course of shuttle walking test.

**3) 검사 과정**

- (1) 검사 시작을 알리는 연속된 3번의 신호음이 울리면 일정 속도로 보행을 시작한다.
- (2) 주기적으로 1번의 신호음이 울릴 때 반대쪽 원뿔형 표지를 도는 것을 목표로 하여 일정한 속도로 걷는다.
- (3) 연속된 3번의 신호음이 울릴 때마다 1~12단계별로 점차 속도를 올리며 왕복 보행한다.
- (4) 검사지는 환자가 마친 레벨과 셔틀에 따른 총 보행 거리를 구한다.

**4) 검사의 결과**

10 m 점증부하 셔틀보행검사의 primary outcome은 총 보행거리이며, 이것을 통하여 최대산소섭취량(peak VO<sub>2</sub>, ml/min/kg)을 예측할 수 있으며<sup>10</sup>, minimal important difference는 47.5 m로 알려져 있다<sup>13</sup>.

$$\text{Peak VO}_2 \text{ (ml/min/kg)} = 4.19 + [0.025 \times \text{ISWT distance (m)}]$$

**3. 지구력 셔틀보행검사(endurance shuttle walking test, ESWT)****1) 검사의 소개**

지구력 셔틀보행검사(ESWT)는 호흡기질환 환자에서 지구력에 대한 평가를 위해 표준화된 field test로서 1999년에 처음 소개되었다. 10 m 점증부하 셔틀보행검사의 결과인 총 보행거리(m)를 기반으로 설정된 일정한 속도로 10 m 셔틀 코스를 얼마나 오래 걸을 수 있는지를 평가하는 운동능력 평가 방법이다. 검사속도는 총 16개의 단계로 구성되어 있다. 호흡재활 효과에 특히 민감하게 반응하여 운동훈련재활 전후 평가를 위하여 사용될 수 있다.

**2) 검사 장비와 셔틀보행검사의 코스**

10 m 점증부하 셔틀보행검사와 동일하다.

**3) 검사 과정**

- (1) 검사 시작 전 환자에게 적합한 보행속도를 선택한다.
- (2) 검사의 시작을 알리는 연속된 3번의 신호음이 울리면 2분간 느린 속도로 보행을 시작한다.
- (3) 2분간의 warm up 속도 구간이 끝난 후 연속된 3번의 신호음이 울리면 본 검사가 시작된다.
- (4) 환자는 주기적으로 1번의 신호음이 울릴 때 반대쪽 원뿔형 표지를 도는 것을 목표로 하여 일정한 속도로 걷는다.
- (5) 검사지는 환자의 총 보행시간과 총 보행거리를 구한다.

**4) 검사의 결과**

지구력 셔틀보행검사의 primary outcome은 총 보행시간과 총 보행거리이며, 기관지확장제<sup>14-16</sup>, 산소치료<sup>17,18</sup>, 호흡재활<sup>19,20</sup>의 효과를 보기 위하여 지구력 셔틀보행검사를 이용할 수 있다.

**4. 결론**

호흡재활 후 운동능력 평가를 위해서는 동기 부여가 될 수 있는 external paced 검사가 필요하며 특별한 기구의 사용 없이 시행 가능한 셔틀보행검사는 기존의 6분 보행검사와 심폐운동부하검사의 장단점을 보완할 수 있는 검사로 국내 도입이 시급하고, 셔틀보행검사의 음원 copyright에 대한 부분을 해결하여 신의료기술

평가를 통해 적절한 보험수가를 받기 위해서 노력해야 한다.

## References

1. Guazzi M, Arena R, Halle M, Piepoli MF, Myers J, Lavie CJ. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J* 2018;39:1144-61.
2. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014;44:1428-46.
3. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barberà JA, Rodriguez-Roisin R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2002;20:564-9.
4. Health Insurance Review and Assessment Service. The guideline for Health Insurance Review and Assessment Service. Wonju: Health Insurance Review and Assessment Service; 2020.
5. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1982;49:1-12.
6. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax* 1992;47:1019-24.
7. Onorati P, Antonucci R, Valli G, Berton E, De Marco F, Serra P, et al. Non-invasive evaluation of gas exchange during a shuttle walking test vs. a 6-min walking test to assess exercise tolerance in COPD patients. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:331-6.
8. Emtner MI, Arnardottir HR, Hallin R, Lindberg E, Janson C. Walking distance is a predictor of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med* 2007;101:1037-40.
9. Ringbaek T, Martinez G, Brøndum E, Thøgersen J, Morgan M, Lange P. Shuttle walking test as predictor of survival in chronic obstructive pulmonary disease patients enrolled in a rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2010;30:409-14.
10. Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J* 1994;7:2016-20.
11. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143(5 Suppl):e166S-90S.
12. Morales FJ, Montemayor T, Martinez A. Shuttle versus six-minute walk test in the prediction of outcome in chronic heart failure. *Int J Cardiol* 2000;76:101-5.
13. Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, Hernandez NA, Mitchell KE, Hill CJ, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014;44:1447-78.
14. Pepin V, Saey D, Whittom F, LeBlanc P, Maltais F. Walking versus cycling: sensitivity to bronchodilation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172:1517-22.
15. Pepin V, Brodeur J, Lacasse Y, Milot J, Leblanc P, Whittom F, et al. Six-minute walking versus shuttle walking: responsiveness to bronchodilation in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2007;62:291-8.
16. Brouillard C, Pepin V, Milot J, Lacasse Y, Maltais F. Endurance shuttle walking test: responsiveness to salmeterol in COPD. *Eur Respir J* 2008;31:579-84.
17. Sandland CJ, Morgan MD, Singh SJ. Detecting oxygen desaturation in patients with COPD: incremental versus endurance shuttle walking. *Respir Med* 2008;102:1148-52.
18. Revill SM, Noor MZ, Butcher G, Ward MJ. The endurance shuttle walk test: an alternative to the six-minute walk test for the assessment of ambulatory oxygen. *Chron Respir Dis* 2010;7:239-45.
19. Leung RW, Alison JA, McKeough ZJ, Peters MJ. Ground walk training improves functional exercise capacity

- more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomised trial, *J Physiother* 2010;56:105-12.
20. Eaton T, Young P, Nicol K, Kolbe J. The endurance shuttle walking test: a responsive measure in pulmonary rehabilitation for COPD patients. *Chron Respir Dis* 2006;3:3-9.