

# 당뇨병 환자에서 심혈관질환 평가방법 - 운동부하심전도

가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 내과학교실  
김주연, 김미경, 정우백

Exercise Treadmill Test for Evaluation of Cardiovascular Disease in Diabetic Patients

Ju Youn Kim, Mee Kyoung Kim, Woo-Baek Chung

Department of Internal Medicine, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

## Abstract

Patients with diabetes mellitus have a greater risk for coronary artery disease (CAD) than the general population, and CAD is the major cause of morbidity and mortality in this population. Therefore, its early detection is very important to improve the prognosis. Especially, in asymptomatic patients, a proper screening test to detect occult CAD is needed. The Treadmill Test, in this sense, is a useful tool which can be easily performed with low cost for screening for the presence of myocardial ischemia associated with diabetes mellitus. (J Korean Diabetes 2012;13:182-186)

**Keywords:** Exercise test, Coronary artery disease, Diabetes mellitus

## 서론

혈관의 동맥경화성 변화로 관상동맥이 좁아지게 되면 이로 인해 심장근육으로의 혈액공급의 장애가 생겨 협심증이 발생하고, 심한 경우 심근경색이나 심장마비가 일어나게 된다. 제2형 당뇨병 환자에서 이러한 급성 심근경색이 발생할 위험성은 정상인에 비해 2배 이상 증가하는 것으로 알려져 있고, 이것은 심혈관질환의 이환과 사망을 증가시키는데 기여하게 된다[1,2]. 관상동맥질환은 기존의 알려진 심혈관질환의 위험인자(나이, 성별, 콜레스테롤, 수축기 혈압, 흡연력, 당뇨병)와 관련이 있으며, 특히 당뇨병 환자에게 있어서 여러 지침들을 통해 이러한 위험인자의 조절을 중요시 하고 있고 위험인자에 따른 선별검사의 필요성도 제시하고 있다.

이에 당뇨병 환자의 심혈관질환 평가 방법 중 운동부하심전도의 방법과 의의, 적응증에 대해서 자세히 알아보려고 한다.

## 본론

### 1. 운동부하심전도

#### (1) 목적과 의의

운동부하심전도는 운동을 통해 심장에 부하를 주어 안정시에는 관찰되지 않았던 심장의 이상을 평가하여 협심증 여부나 심장질환의 정도를 알아볼 수 있다. 심혈관질환의 여러 가지 평가 방법 중 운동부하심전도는 적은 비용으로 비교적 간단하게 시행할 수 있는 비침습적 검사로 반복적인 검사가 가능하며, 방사선이나 조영제에 대한 위험부담 없이 관상동맥의 기능적 평가와 예후를 예측할 수 있다는 장점이 있다. 또한 관상동맥질환 환자에서 운동부하심전도는 68%의 민감도와 77%의 특이도를 가지고 있어 추가적인 관상동맥 조영술 및 치료의 필요성을 판단하는데 좋은 선별검사로 알려져 있다[3].

#### (2) 적응증

미국심장학회 가이드라인에서는(ACC/AHA

Guidelines) 운동부하 검사를 성별, 나이, 증상에 근거하여 중등도의 관상동맥질환이 의심되는 환자에게 시행할 것을 권고하고 있다[4]. 저위험군인 무증상 환자에서는 관상동맥질환 선별검사로서의 진단적 가치가 제한적이어서 권고하지 않고 있다.

당뇨병은 동맥경화의 고위험군으로 무증상 환자에게 있어서도 적절한 선별검사가 행해져야 한다. 예로, 당뇨병 환자가 격렬한 운동 프로그램을 시행하기 전에 운동부하 검사를 통해 관상동맥질환을 배제하여 운동 중 급성 관상동맥질환이 발생하는 것을 예방할 것을 권장하고 있다. 한 연구에서는 당뇨병의 유병기간이 10년 이상된 60세 이상 고령의 무증상 환자에서 운동부하 검사를 시행했을 때 관상동맥질환의 양성 예측률이 87.5%까지 증가한다는 보고도 있다[5]. 따라서 당뇨병 환자에서는 나이, 성별, 당뇨병 유병기간, 고지혈증, 흡연력 등을 고려하여 무증상 환자에서도 관상동맥질환이 의심되는 환자에게 운동부하 검사를 시행해야 하며, 이를 통해 심혈관질환을 예측하여 이와 관련한 사망률을 낮추고 예후를 향상시킬 수 있다.

(3) 검사 방법 및 해석

운동부하심전도 검사 방법으로는 표준 Bruce protocol이 가장 널리 이용되는데, 이는 3분 간격으로 운동 강도를 높이면서 각 단계에서 12리드 심전도와 심박동수, 혈압을 측정하게 된다. 운동을 마친 이후에는 적어도 5분에서 10분 동안 회복 시기를 가지고 이 때에도 마찬가지로 심전도와, 혈압, 증상을 관찰한다[3].

운동부하심전도를 이용한 심질환 평가는 ST-Segment의 변화, 심실성 부정맥의 발생, 혈압의 변화, 협심증 증상 발생 등을 통해 이루어 진다. 이 검사의 객관화와 예후 예측을 위해 Mark 등은 Duke Treadmill (TM) score를 만들었고 다음과 같은 공식으로 계산된다.

$$\text{TM score} = \text{운동시간(분)} - (5 \times \text{ST-segment 변화(mm)}) - (4 \times \text{TM angina index})$$

(TM angina index: 0-무증상, 1-운동 중 증상발생, 2-증상으로 인한 검사 중단)

TM score가 -11 이하에서는 5년 생존율이 72%, +5 이상은 97%로 점수가 낮을수록 나쁜 예후를 보인다. 운동부하 심전도에서 이상을 보이는 고위험군 환자는 심혈관질환을 강력히 시사하는 지표가 된다(Table 1)[3].

이러한 ST-segment 변화를 관찰할 때 안정 시 심전도에서 조기홍분중후군이나 영구심박동기리듬, 완전좌각차단 또는 1 mm 이상의 ST-segment 저하가 나타나면 검사의 특이도가 떨어지기 때문에 이러한 경우에는 추가적인 영상학적 검사 등이 필요할 수 있다(Fig 1)[4].

2. 당뇨병 환자에서 운동부하심전도의 의미

심혈관질환의 증상이 없는 모든 당뇨병 환자를 대상으로 관상동맥 질환에 대한 검사를 시행하는 데에는 어려움이 있다. 무증상 당뇨병 환자를 대상으로 시행한 한 연구에서는 6.4%에서 안정 시 심전도 이상을 보였고, 이 중, 37%가 운동부하 검사에서 이상을 보였다. 반면, 안정 시 심전도 정상을 보였던 환자군에서는 10.3%에서 운동부하 검사 이상을 나타냈다. 다변량분석을 통한 관상동맥질환의 독립적 위험인자로 ST-T 변화가 위험도 9.27로 가장 높게 나타났다[6]. 이와 같이 심혈관질환 고위험군 환자를 선별하는 것이 필요하며, 상대적으로 비용 효율이 높은 운동부하심전도가 좋은 평가방법으로 이용되고 있다.

당뇨병 환자에게 있어서 동맥경화성 변화는 당뇨병 이환 기간과 미세혈관성 합병증, 말초동맥질환, 자율신경병증의 유무와 높은 상관관계를 갖는다. 특히, 자율신경병증과 감각신경병증을 보이는 당뇨병 환자는

Table 1. Parameters associated with adverse prognosis and multi-vessel disease

- \* Duration of symptom-limiting exercise < 5 METs
- \* Failure to increase systolic blood pressure ≥ 120 mm Hg, or a sustained decrease ≥ 10 mm Hg, or below rest levels, during progressive exercise
- \* ST-segment depression ≥ 2 mm, downsloping ST segment, starting at < 5METs, involving ≥ 5 leads, persisting ≥ 5 min into recovery
- \* Exercise-induced ST-segment elevation (aVR excluded)
- \* Angina pectoris at low exercise workloads
- \* Reproducible sustained (> 30 sec) or symptomatic ventricular tachycardia

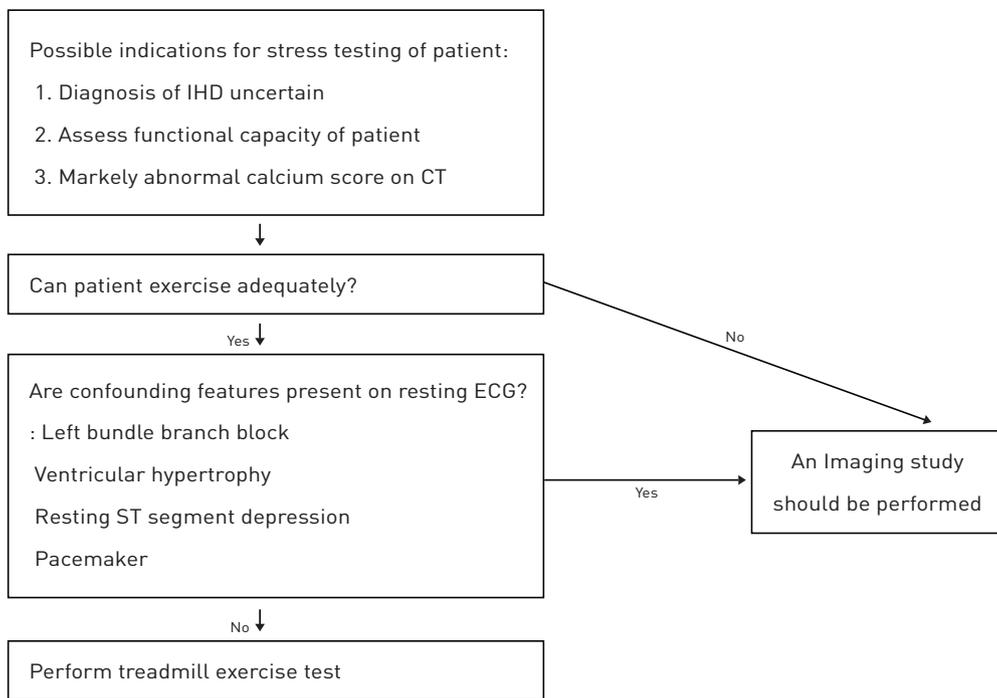
MET, metabolic equivalent.

Adapted from Bonow et al. Bonow: Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine; 2011[3].

협심증의 증상을 잘 느끼지 못할 수 있으며 심근허혈에 반응하는 적절한 혈압이나 심박수의 변동도 나타나지 않을 수 있다. 최근의 연구들에서는 운동부하검사를 통해 운동전후의 심박수를 관찰하여 당뇨병 환자의 자율신경병증을 진단할 수 있다는 보고도 있다[7]. 반면, 관상동맥질환이 있는 당뇨병 환자의 심근부하에 의한 심전도 변화는 비당뇨병 환자와 차이를 보이지 않기 때문에 운동부하심전도는 무증상 당뇨병 환자에게 심혈관질환의 선별검사로 유용하게 사용될 수 있다[3]. 당뇨병 환자에게 이러한 심혈관질환의 조기발견이 중요한 이유는 당뇨병의 진행으로 혈관 내피세포의

기능장애를 동반하게 되고, 이로 인해 비당뇨병 환자에 비해 유해심장사건의 발생이 증가하고 나쁜 예후를 갖기 때문이다[8].

그러나 운동부하 심전도가 갖는 제한점도 있는데, 슬관절 관절염을 동반하거나 특히 당뇨병 환자에서 말초동맥질환을 동반하는 경우 운동능력의 감소로 인해 최대운동효과를 나타내지 못해 불완전한 검사 결과를 나타낼 수 있다.



**Fig. 1.** Evaluation of the patient with suspected ischemic heart disease. IHD, ischemic heart disease; CT, computed tomography; ECG, electrocardiography.

**Table 2.** Comparisons between treadmill test and cardiac computed tomography (CT)

	Treadmill test	Cardiac CT
Costs	\$	\$\$\$
Usage	Easy	Difficulty
Exposure to radiation	None	High
Exposure to contrast	None	High
Sensitivity	68%	80%
Specificity	77%	Low
Etc.	Exercise capacity	Coronary artery anatomy, calcium score

3. 운동부하심전도와 관상동맥 컴퓨터단층촬영(Table 2)

최근에는 관상동맥 컴퓨터단층촬영(CT)도 조기 선별을 위해 많이 이용되는 비침습적 검사방법 중 하나이다. 관상동맥 CT는 운동부하심전도에 비해 높은 민감도와 음성예측도를 갖지만 상대적으로 낮은 특이도를 갖는다. 이러한 높은 음성예측도로 인해 관상동맥 CT는 흉통을 호소하는 환자들에게서 관상동맥질환을 배제하는데 사용될 수 있다. 또한 관상동맥뿐 아니라, 판막이나 심근, 폐, 대동맥 등의 해부학적 이상이나 동반질환에 대한 정보를 제공한다는 장점이 있다.

관상동맥 CT는 해상도의 발전으로 비교적 정확도가 높은 검사로 자리잡았지만, 여전히 방사선 노출과 조영제 사용의 부담을 가지고 있으며, 양질의 영상을 얻기 위해서는 베타차단제 등의 약제를 이용하여 심박동수를 낮춰야 한다는 단점이 있다. 또한, 정확한 병변의 예측을 위해서는 특정한 기술적인 방법이 필요하며, 그럼에도 불구하고 여러 요인들의 영향을 받아 일부는 해석이 불가능한 경우도 있다. 당뇨병 환자들에서는 특히 혈관의 석회화가 심한 경우가 많은데 관상동맥 CT는 석회화가 심한 경우 관상동맥경화증의 지표가 될 수는 있지만 협착의 정도를 평가하는 데에는 방해가 될 수 있다.

운동부하심전도는 기능적인 평가방법으로서 미세혈관협심증에서도 심전도의 변화를 볼 수 있는 반면, 관상동맥 CT는 영상을 통한 평가로 기능적인 면의 고려가 어렵고, 근위부 혈관과 비교적 큰 직경의 혈관에서 분석이 가능하다[3]. 따라서 무증상 환자에게는 비석회화 경화반의 발견이 어려운 경우가 많아 무증상 환자의 선별검사로는 권고하고 있지 않다[3]. 최근에는 이러한 CT의 한계점을 보완하여 관상동맥 안에 직접 도자를 넣어 혈류량의 비율을 구해 협착 부위의 기능적 평가를 할 수 있는 침습적 방법인 분획혈류 예비력(FFR)과 비침습적 검사인 CT를 접목시킨 FFR-CT 등이 연구되고 있다[9].

**결 론**

당뇨병의 대혈관 합병증 중에서도 관상동맥질환은 사망률과 예후에 많은 영향을 미치는 인자이다. 당뇨병 환자는 미세혈관 합병증을 동반하는 경우 증상이 경미하거나 나타나지 않을 수 있으며 당뇨병으로 인한 내피세포의 기능장애로 인해 복수혈관질환을 보이는 경우가 많아 조기 선별이 중요하다.

운동부하 심전도는 비교적 손쉽고 예측도가 높은 기능적 평가방법으로 이용되고 있으며, 증상이 없는

고위험군 환자에게 관상동맥 질환의 유무를 예측하는데 유용하게 사용될 수 있다.

생활습관 교정 및 다른 위험인자의 조절과 더불어, 연령, 말초동맥질환 유무, 안정 시 심전도 변화 등을 고려하여 적절한 고위험군에게 적극적인 선별검사를 시행하여 심혈관계 합병증과 사망률을 낮추려는 노력이 필요할 것이다.

**참고문헌**

1. Buse JB, Ginsberg HN, Bakris GL, Clark NG, Costa F, Eckel R, Fonseca V, Gerstein HC, Grundy S, Nesto RW, Pignone MP, Plutzky J, Porte D, Redberg R, Stitzel KF, Stone NJ; American Heart Association; American Diabetes Association. Primary prevention of cardiovascular diseases in people with diabetes mellitus: a scientific statement from the American Heart Association and the American Diabetes Association. *Circulation* 2007;115:114-26.
2. Young LH, Wackers FJ, Chyun DA, Davey JA, Barrett EJ, Taillefer R, Heller GV, Iskandrian AE, Wittlin SD, Filipchuk N, Ratner RE, Inzucchi SE; DIAD Investigators. Cardiac outcomes after screening for asymptomatic coronary artery disease in patients with type 2 diabetes: the DIAD study: a randomized controlled trial. *JAMA* 2009;301:1547-55.
3. Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P. Bonow: Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 9th ed. Philadelphia: Saunders; 2011. p168-99, p1392-409.
4. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, Mark DB, McCallister BD, Mooss AN, O'Reilly MG, Winters WL, Gibbons RJ, Antman EM, Alpert JS, Faxon DP, Fuster V, Gregoratos G, Hiratzka LF, Jacobs AK, Russell RO, Smith SC; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1531-40.
5. Kim MK, Baek KH, Song KH, Kwon HS, Lee JM, Kang MI, Yoon KH, Cha BY, Son HY, Lee KW. Exercise treadmill test in detecting asymptomatic coronary artery disease in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab J* 2011;35:34-40.
6. Prevalence of unrecognized silent myocardial ischemia and its association with atherosclerotic risk factors in noninsulin-dependent diabetes mellitus. Milan Study on Atherosclerosis and Diabetes (MiSAD) Group. *Am J*

- Cardiol 1997;79:134-9.
7. HSacre JW, Jellis CL, Coombes JS, Marwick TH. Diagnostic accuracy of heart-rate recovery after exercise in the assessment of diabetic cardiac autonomic neuropathy. *Diabet Med* 2012;29:e312-20.
  8. Poirier P, Després JP, Bertrand OF. Identifying which patients with diabetes should be tested for the presence of coronary artery disease-the importance of baseline electrocardiogram and exercise testing. *Can J Cardiol* 2006;22 Suppl A:9A-15A.
  9. Koo BK, Erglis A, Doh JH, Daniels DV, Jegere S, Kim HS, Dunning A, DeFrance T, Lansky A, Leipsic J, Min JK. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (Diagnosis of Ischemia-Causing Stenoses Obtained Via Noninvasive Fractional Flow Reserve) study. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:1989-97.