

운동기반 심장재활에 있어 스트레스 심전도검사

박 종 성

동아대학교병원 심혈관센터

Stress Electrocardiography in Exercise Based Cardiac Rehabilitation

Jong-Sung Park, M.D., Ph.D.

Cardiovascular Center, Dona-A University Hospital, Daesingongwon-ro 26, Seo-gu, Busan 49202, South Korea

Abstract

Exercise-based cardiac rehabilitation is an important treatment strategy for heart failure patients to promote their physical, psychological, and social recovery. Before starting cardiac rehabilitation, it is necessary to evaluate whether symptoms and signs of heart failure were controlled, underlying causes were corrected, left ventricular systolic function was improved, and essential medications with appropriate dosages were administered. Cardiac rehabilitation team should know contraindications and criteria for prompt termination of exercise program. During exercise-based cardiac rehabilitation, various cardiac complications including myocardial ischemia, arrhythmias, and vasovagal reactions can be induced during or after completion of exercise program. Inappropriate shock therapy may be delivered for sinus tachycardia if the patient has an implantable defibrillator. Most of the cardiac complications can be detected early if electrocardiographic changes are monitored and appropriately interpreted. However, incidence of fatal cardiac complications during exercise-based cardiac rehabilitation is very low. Exercise program should not be canceled or delayed due to immoderate concerns about potential cardiac complications. To prevent or respond to the cardiac complications, close communications are required between the cardiology and cardiac rehabilitation staffs.

Key Words

Rehabilitation, Exercise, Stress, Electrocardiogram, Heart failure

서론

1960년대에 급성심근경색 환자의 빠른 회복을 돕기 위해 심장재활이 시작된 이후 최근에는 심근장근육병증 환자나 심장수술을 받은 환자를 위한 심장재활도 시행되고 있다[1].

심장재활이 필요한 심장병은 넓게 보면 모두 심부전으로 볼 수 있다. 심부전은 심장의 구조나 기능에 이상이 있으면서 그에 따른 증상이나 징후가 나타나는 질병상태로 정의되는데, 발병원인에 따라 크게 허혈성(ischemic) 및 비허혈성(non-ischemic) 심부전으로 나누어 볼 수 있다[2]. 1970년대에 혈전

용해제를 이용한 빠른 재관류치료가 가능하게 되면서 허혈성 심부전을 예방할 수 있게 되었고, 1980-90년대에 베타 차단제나 엔지오텐신 전환효소 억제제와 같은 효과적인 심부전 증 치료제들이 도입되면서 허혈성 심부전뿐 아니라 비허혈성 심부전도 효과적으로 치료할 수 있게 되었다. 그러나 21세기에 접어든 현재도 진행된 심부전 환자의 사망률은 암 사망률보다 높은 수준이다[3]. 신체능력의 저하와 죽음에 대한 공포로 심부전 환자의 삶의 질은 바닥이고 사회활동에도 어려움을 겪게 된다[4]. 심장재활이 심부전 환자의 심폐운동능력 개선, 위험인자 조절, 심리적 트라우마의 극복, 사회/직업 활동으로의 복귀에 도움이 된다는 사실은 여러 임상연구를 통해 증명되었다[5]. 우리나라의 경우 여러 현실적인 문제 때문에 심부전 환자를 위한 심장재활이 충분히 이루어지지 못하고 있지만, 심장재활은 이미 심부전 환자의 표준치료 전략의 하나로 자리잡았고, 향후 우리나라에서도 심장재활에 대한 수요가 폭발적으로 늘어날 것으로 예상된다[2,6]. 효과적이고 안전한 심장재활이 이루어지기 위해서는 재활치료를 의뢰하는 심장내과 전문의와 현장에서 심장재활을 진행하는 재활의학과 전문의 환자상태에 대한 이해가 일치해야 하며, 문제가 발생했을 때 원활한 의사소통이 이루어져야 한다. 이번 종설에서는 재활의학과 의료진이 알고 있어야 하는 환자상태 평가 항목들과 심장재활 중 발생할 수 있는 다양한 심장관련 합병증들에 대해 기술하고자 한다.

본 론

1) 운동재활을 시작하기 전 환자상태에 대한 평가

재활의학과 전문의는 운동재활을 시작하기 전에 심부전증의 증상과 징후가 잘 조절되었는지 확인해야 한다. 심부전은 심장의 구조나 기능에 이상이 있으면서 그에 따른 증상(예: 호흡곤란)이나 징후(예: 부종)가 나타나는 질병상태로 정의하는데, 폐부종이나 하지부종 등의 울혈(congestion)이 보이거나 생화학검사에서 나트륨이노펩티드 농도가 높다[2]. 호흡곤란의 정도, 울혈의 정도, 나트륨이노펩티드 농도의 상승 정도 등은 그 자체로 심부전 환자의 사망률과 높은 상관관계를 보인다[2]. 운동재활을 시작하기 전 울혈과 관련된 증상이나 징후가 잘 조절되었는지 확인하는 것이 중요하다. 심부전 환자는 심실 내 압력이 높는데, 운동재활 중 맥박수와 혈

압이 올라가면 심실 내 압력은 더 높아진다[7]. 충분한 울혈 제거(decongestion)가 되지 않은 상태에서 운동을 시작해 심실 내 압력이 과도하게 높아지면, 폐울혈 때문에 환자가 호흡곤란을 느낄 수 있고 심하면 저산소증이 나타날 수도 있다. 심실 내 압력이 높아지면서 심근세포가 과도한 인장(stretching) 압력을 받으면 비정상적인 탈분극을 할 수도 있는데, 이는 심실빈맥이나 심실세동과 같은 치명적인 심실성 빈맥을 유발하는 중요한 원인이 된다[8].

재활의학과 전문의는 운동재활을 시작하기 전에 심부전의 원인이 잘 교정되었는지 확인해야 한다. 심부전은 발병원인에 따라 크게 허혈성 및 비허혈성 심부전으로 나눌 수 있다[2]. 허혈성 심부전은 발병의 주 원인이 관상동맥질환에 의한 심근허혈이기 때문에 재관류 치료에 초점을 맞춰 치료한다[6]. 재관류 치료에 성공한 환자라도 급성 심근허혈을 유발할 수 있는 혈관이 남아 있을 수 있다는 점을 기억해야 한다. 해부학적 또는 기술적인 문제로 재개통에 실패할 수도 있고, 병변의 개수가 많아 재개통이 불가능한 경우도 있다. 환자의 전신상태가 나쁘거나 합병증이 발생한 경우, 가장 위험한 병변(culprit lesion)개만 개통하고 나머지 병변에 대해서는 치료를 연기하는 경우도 있다. 관상동맥중재시술 또는 관상동맥 우회로조성술을 기록지를 살펴보고, 재관류치료 전후에 시행한 영상검사(관상동맥조영촬영, 심초음파 등)나 스트레스 검사(운동부하심전도, 심근관류스캔 등) 소견을 비교해 심근허혈을 유발한 혈관에 대한 재개통이 잘 이루어졌는지 확인해야 한다. 비허혈성 심부전은 발병의 주 원인이 심근허혈이 아닌 심부전을 통칭하는데, 심장근육병, 심장판막병, 선천성기형 등이 원인이 될 수 있다. 심장판막병이나 선천성기형 등은 수술로 해부학적 이상을 교정할 수 있으나, 교정을 하더라도 심장의 수축 또는 이완 기능이 정상으로 회복되지 않을 수 있다. 심장근육병 등은 약물치료에 초점을 맞춰 치료하는데, 유전적 영향이 크고 약물치료에 반응하지 않는 경우도 많다[6].

재활의학과 전문의는 운동재활을 시작하기 전에 좌심실의 수축기능이 어떤 상태인지 확인해야 한다. 심부전은 좌심실의 수축기능을 반영하는 지표인 좌심실 박출률(ejection fraction, %)에 따라 박출률 보존($\geq 50\%$), 박출률 경도 저하($41-49\%$), 박출률 저하($\leq 40\%$) 심부전으로 분류되는데, 좌심실박출이 낮을수록 심부전 환자의 사망률은 높다[2]. 심부전의 원인은 복합적인 경우가 많아 진단과 치료가 어렵고, 치료가 되더라도 좌심실 박출률이 회복될 때까지는 몇 개월에서 몇 년이 걸릴 수 있다. 비가역적으로 손상된 섬유화된 심근

조직이 많을수록 심장의 수축기능은 회복되기 어렵고, 심실 세동이나 심실빈맥과 같은 치명적인 심실성 빈맥이 발생해 돌연사할 가능성은 높아진다. 좌심실 박출률이 30-35% 이하인 상태가 지속되는 중증 심부전 환자가 심실성 빈맥으로 돌연사할 확률은 연간 5-10%를 넘는데, 일부 고위험 환자는 돌연사를 예방하기 위해 체 내 이식형 소형 전기충격기인 삽입형제세동기를 이식받기도 한다[6]. 매우 드물기는 하지만 삽입형제세동기를 이식받은 심부전 환자의 경우 운동재활을 할 때 제세동 치료가 시행될 수 있어 주의를 요한다[9].

재활의학과 전문의는 심부전 치료를 위해 자주 처방되는 약물의 종류와 통상적인 처방 용량을 알고 있어야 한다. 울혈제거, 좌심실 박출률 회복, 심실성 부정맥에 의한 돌연사 예방을 위해 심장내과 전문의는 다양한 심부전증 치료제들을 조합해 처방한다. 빠른 울혈제거를 위해서는 이뇨작용이 강한 루프이뇨제와 강심제인 디지탈리스를 처방한다. 장기간 투약했을 때 박출률 저하 심부전 환자의 좌심실 수축기능을 개선하고 사망률을 낮추는 것으로 증명된 약제군에는 베타 차단제, 앤지오텐신 전환효소 억제제, 앤지오텐신 II 수용체 차단제, 앤지오텐신 II 수용체 / 네프릴리신 억제제, 염류코르티코이드 수용체 차단제, 나트륨-포도당 수용체 2 억제제가 있다[6]. 각 군에 속한 여러 약제들 중 임상연구를 통해 심부전 치료에 효과가 있다고 검증된 약제를 처방해야 하는데, 임상연구에서 검증된 용량이나 환자가 부작용을 견딜 수 있는 최대 내약 용량을 투약해야 충분한 치료효과를 기대할 수 있다[6]. 위에서 기술한 중요 심부전 치료제들은 대부분 이뇨 및 혈압강하 효과를 가지는데, 고용량을 동시에 투약할 경우 탈수, 저혈압, 전해질불균형 등의 부작용이 나타날 수 있어 주의를 요하며 투약 및 용량적정에 수 주에서 수 개월이 소요될 수 있다.

조기 재활을 강조하다 보면 심부전의 원인이 완전히 교정되지 않거나, 좌심실의 수축기능이 충분히 회복되지 않거나, 필수 심부전 치료제의 투약 및 용량 적정이 제대로 이루어지지 않은 상태에서 초기 운동재활을 시작해야 할 수 있다. 적절한 치료를 했음에도 환자의 치료 순응도가 낮거나 금주나 금연 등 위험인자 교정이 되지 않아 회복이 더딘 경우도 많다. 환자 상태에 대한 사전평가가 잘 되지 않은 상태에서 운동재활의 강도를 높이다 보면 다음에 기술하게 될 다양한 심장관련 합병증이 발생할 수 있다. 재활의학과 전문의는 운동재활을 시작하기 전 심장내과 전문의로부터 환자상태 및 운동재활 중 발생가능한 잠재적인 합병증에 대해 정확하고 충분한 정보를 얻도록 노력해야 한다.

2) 운동재활 중 발생할 수 있는 심장관련 합병증과 발생빈도

관상동맥질환이 의심되는 환자에서 진단 목적으로 운동부하심전도검사를 시행했을 때 치명적인 합병증이 발생할 확률은 0.05% 미만이다[10]. 운동재활 중 치명적인 합병증이 발생할 확률은 100만명·시간 당 1건 정도에 불과한데, 이 정도의 위험은 운동재활의 이득을 고려했을 때 임상적으로 무시할 수 있는 수준이다[1]. 대부분의 심장관련 합병증은 심부전 환자에 대한 충분한 평가와 치료가 이루어지지 않은 상태에서 최대 유산소운동 능력의 80% 또는 최대 심박수의 85%를 넘는 높은 강도의 운동을 할 때 발생할 가능성이 높다. 운동재활 중 발생할 수 있는 임상적으로 중요한 심장관련 합병증은 크게 ① 급성 심근허혈의 유발, ② 빈맥성 또는 서맥성 부정맥의 유발, ③ 혈관미주신경 반응의 유발, ④ 삽입형 제세동기와 관련된 문제로 나누어 볼 수 있다. 운동재활 중 발생하는 합병증은 해결되지 않은 심장문제(예: 부적절한 치료, 불충분한 회복)를 반영하는 위험신호일 수 있으므로, 심장관련 합병증이 발생했을 때는 즉시 심장내과 전문의와 상의해 적절한 대책을 마련해야 한다. 이 원고의 다음 부분에서는 각각의 심장관련 합병증이 어떤 양상으로 나타나는지, 합병증이 발생했을 때 재활의학과 전문의는 어떻게 대처해야 하는지 살펴 보도록 하겠다.

3) 급성 심근허혈의 유발

운동재활 중 급성 심근허혈이 유발되어 혈압이 떨어지거나 다양한 부정맥이 출현할 수 있다. 급성 심근허혈을 유발할 수 있는 기전으로는 ① 치료되지 않은 협착병변, ② 죽상경화반의 파열, ③ 과호흡에 의한 관상동맥의 연축(vasospasm)을 생각해 볼 수 있다. 관상동맥조영검사에서는 협착의 정도가 심하지 않아 보이지만 스트레스 상황에서는 심각한 심근허혈을 유발할 수 있는 협착병변이 남아 있을 수 있다. 최근에는 관상동맥 내 압력측정술(fractional flow ratio)을 시행해 심근허혈을 유발할 수 있는 협착병변을 정확히 찾아낼 수 있게 되었지만, 재료대 및 검사 모두 인정비급여 항목이고 환자가 혈액동학적으로 불안정한 상태일 때는 시행하기 어려운 제한점이 있다. 특히 급성심근경색 환자에서는 관상동맥조영검사 소견만 보고 재개통할 혈관을 결정해야 하는 경우가 많아 치료되지 않은 협착병변이 남아 있을 수 있다. 운동재활 중 맥박수와 혈압이 올라가면 죽상경화반에 가해지는 압력(shear

stress)도 높아지는데, 불안정한 죽상경화반이 파열되면서 심근경색이 재발할 수 있다. 중요 심장학회의 권고안들은 불안정한 죽상경화반을 빠르게 안정화시키기 위해 급성심근경색 발생 직후부터 고강도의 스타틴을 투약할 것을 권고하고 있는데, 스타틴을 투약한 후 불안정한 죽상경화반 내 염증이 가라앉고 캡슐의 섬유화가 진행되어 안정화될 때까지 4-18개월 정도가 걸리는 것으로 알려져 있다[11]. 변이형 협심증 환자에서는 과호흡만으로 ST분절의 상승을 유발할 수 있는 관상동맥의 연축(vasospasm)이 유발될 수 있다[12]. 관상동맥질환자의 상당수는 관상동맥 연축이라는 변이형 협심증의 병태생리를 동시에 가지고 있는데, 심부전 환자의 경우 운동재활 중 호흡곤란에 대한 보상기전으로 과호흡을 할 가능성이 높아 주의를 요한다. 과호흡에 의해 유발된 관상동맥 연축은 과호흡을 중단하면 대개 5-10분 이내에 호전되는 것으로 알려져 있다. 운동재활 중 급성 심근허혈이 유발되면 ST분절의 상승이나 하강이 출현한다(Fig. 1).

일반적으로 급성심근경색 발병 후 2일 이내이거나, 활력징후가 불안정하거나, 심근허혈에 의한 심실성 부정맥이 반복적으로 출현할 때는 운동부하심전도검사나 운동재활을 하지 않도록 권고하고 있다[13,14]. 급성기를 지나면 초기 재활치료를

를 시작할 수 있는데, 운동재활 중 ① 환자가 심한 흉통이나 어지럼을 호소하는 경우, ② 얼굴이 창백하거나 청색증을 보이는 경우, ③ 수축기 혈압이 10 mmHg 이상 떨어지거나 산소포화도가 떨어지는 경우, ④ 위험한 심전도 변화(ST분절의 상승이나 부정맥의 발생)가 나타난 경우에는 즉시 운동을 중단해야 한다[13,14]. 급성 심근허혈이 유발되면 가장 먼저 심근의 수축력이 떨어지고, 곧이어 ST분절의 변화가 나타나며, 마지막으로 환자가 흉통을 느끼게 된다. 운동재활 중 환자가 심한 흉통을 호소할 때는 이미 심근허혈이 상당히 진행된 상태이므로 즉시 운동을 중단해야 한다. 재활의학과 전문의는 급성 심근허혈의 증상과 징후를 빨리 발견하기 위해 운동부하 심장재활 중 환자의 증상, 얼굴색, 혈압, 산소포화도, 심전도를 꼼꼼히 모니터링 해야 하겠다.

4) 빈맥성 또는 서맥성 부정맥의 유발

심장재활을 필요로 하는 환자들은 대부분 심부전 환자로서 언제든지 다양한 부정맥이 출현할 수 있다. 정상인에게는 위험하지 않는 부정맥이라 할지라도, 특히 심박출량이 감소되어 있는 심부전 환자에서는 심각한 증상과 저혈압 등 혈액동학을

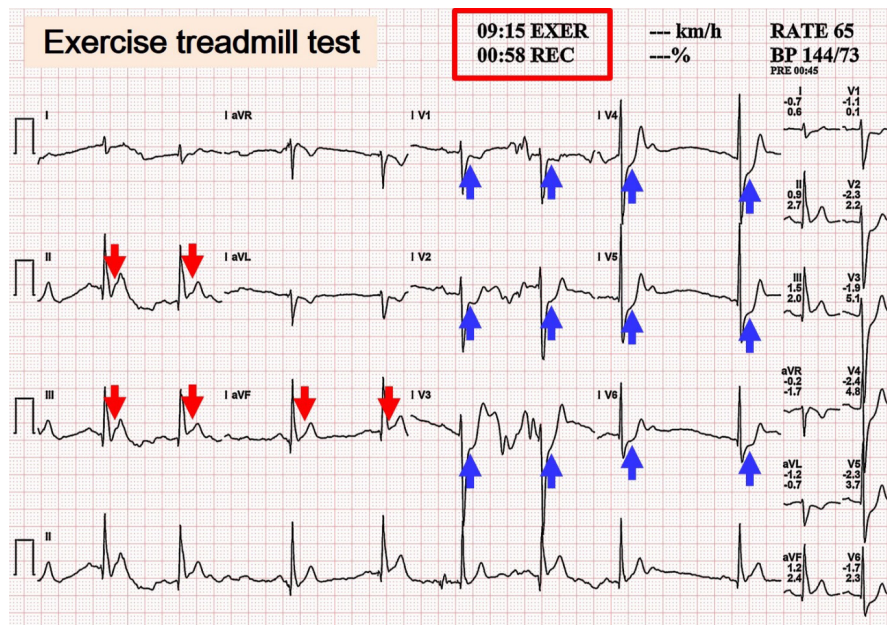


Fig. 1. Induction of myocardial ischemia by exercise.

Prominent ST segment elevations (indicated by red arrows) and depressions (indicated by blue arrows), which reflect the presence of severe myocardial ischemia, were noted during the cool-down (recovery) period of the exercise treadmill test.

적 이상을 유발할 수 있다. 재활치료실에는 제세동기를 비롯한 심폐소생술 장비가 구비되어 있어야 하고, 의료진은 심폐소생술에 대해 기본적인 교육을 받아야 한다.

(1) 심실성 빈맥의 유발

허혈심 심부전 환자에서는 운동재활 중 급성 심근허혈에 의해 심실세동이 유발될 수 있다. 비허혈성 심부전 환자라도 비가역적으로 손상된 섬유화된 심근조직이 있는 경우 운동

재활 중 혈역동학적으로 불안정한 심실빈맥이 유발될 수 있다. 운동 시작 전 심실조기수축이 보이더라도 운동 중 동빈맥에 의해 심실조기수축이 억제되면 큰 문제가 없지만, 운동 강도를 높였을 때 심실조기수축이 빈번히 나타나거나 비지속성 심실빈맥이 출현하면 운동을 중단하는 것을 고려해야 한다. 운동 중 혈역동학적으로 불안정한 지속성 심실빈맥이나 심실세동이 유발되면 즉시 운동을 중단하고 환자를 침대에 눕힌 후 전기적심율동전환 또는 제세동을 해야 한다(Fig. 2). 삽

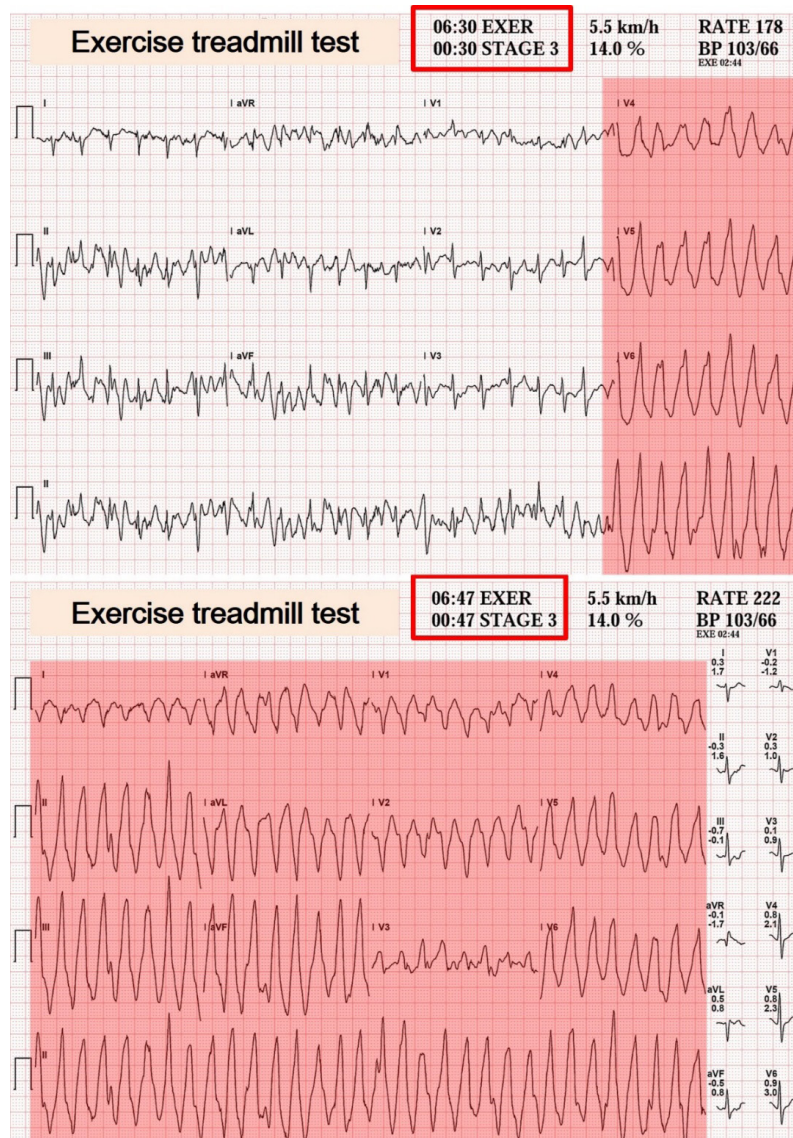


Fig. 2. Induction of sustained monomorphic ventricular tachycardia by exercise. Sustained monomorphic ventricular tachycardia (indicated by the red box), triggered by increased sympathetic tone and blood catecholamine concentration, was induced during stage 3 of the exercise treadmill test (Bruce protocol).

입형 제세동기를 이식받은 환자라면 심실성 빈맥이 출현했을 때 제세동기가 자동으로 제세동을 하지만, 운동 시작 전 제세동기의 치료기능을 불활성화 해 둔 경우에는 재활의학과 전문의가 직접 제세동을 해야 한다.

(2) 상심실성 빈맥의 유발

운동재활 중 심방조기수축에서부터, 심방빈맥, 심방조동, 심

방세동, 발작성상심실성빈맥에 이르는 거의 모든 상심실성빈맥이 유발될 수 있다[13,14]. 운동에 의해 유발되는 상심실성빈맥은 항부정맥제를 투약하거나 전기적 동율동전환을 해야 하는 경우도 있지만, 대부분 운동을 종료하고 휴식을 취하면 저절로 종료되거나 호전된다. 베타차단제를 투약하면 운동 중 상심실성빈맥이 유발되는 것을 어느 정도 예방할 수 있다. 운동 중 가장 문제가 되는 상심실성빈맥은 심방세동이다(Fig. 3). 운

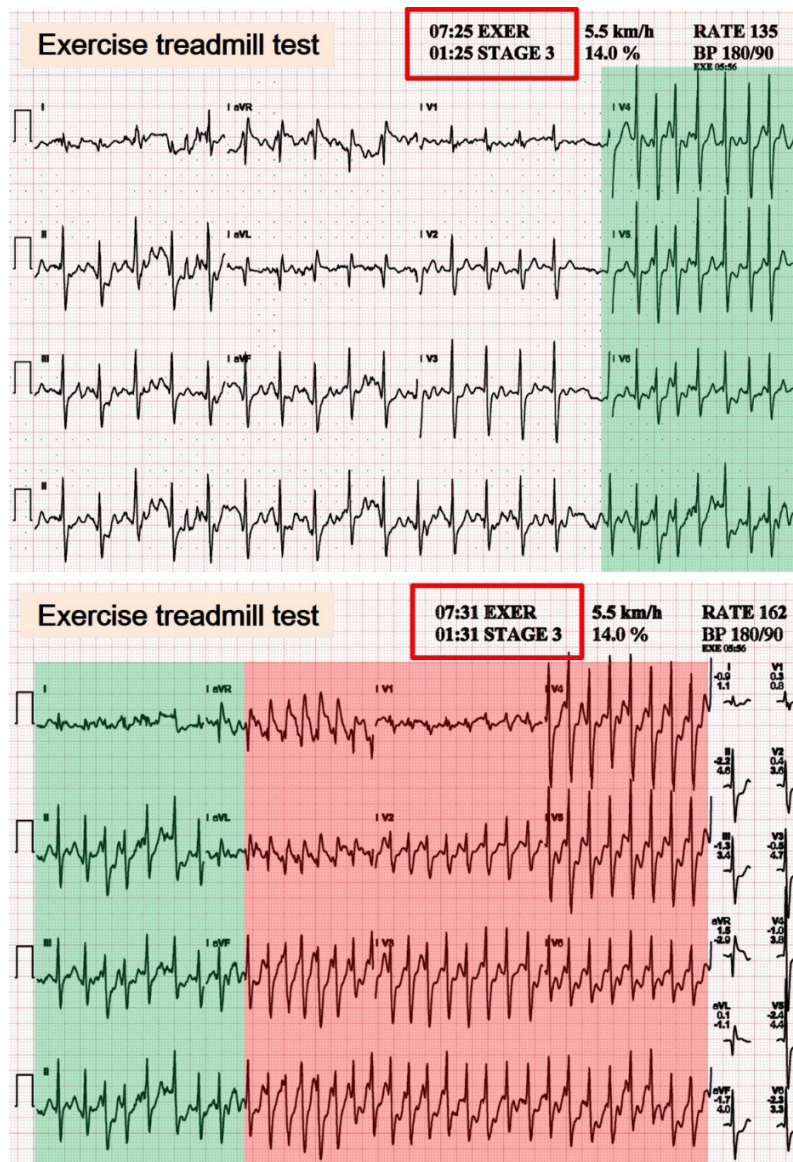


Fig. 3. Induction atrial fibrillation with aberrant conduction by exercise. Paroxysmal atrial fibrillation with rapid ventricular response (indicated by the green box) and aberrant conduction (indicated by the red box) was induced during stage 3 of the exercise treadmill test (Bruce protocol).

동 중 발작성 심방세동이 유발되면 심방이 수축을 하지 않기 때문에 갑자기 심박출량이 감소하는데, 심부전 환자의 경우 심한 증상이나 혈액동학적 이상을 유발할 수 있다. 발작성 심방세동이 종료되면서 어지럼이나 실신을 유발할 수 있는 동정지나 심한 동서맥이 출현할 수 있는데, 이러한 질병 상태를 빈맥-서맥 증후군이라고 하며, 특히 베타차단제나 아미오다론과 같은 항부정맥제를 투약하고 있는 경우에 종종 볼 수 있다 (Fig. 4). 발작성 심방세동뿐 아니라 지속성 또는 영구형 심방세동을 가진 환자에서도 운동 중 맥박수가 올라가면 정상 전도조직(히스속-푸르킨예섬유)의 일부가 불응기에 빠져 심실내 전도지연(intracardiac conduction delay)이 유발되는 편위전도(aberrant conduction)가 발생할 수 있다 (Fig. 3). 편위전도는 심실빈맥과 발생기전이 다르지만, QRS파의 지속시간이 길고 혈압이 떨어지는 등 혈액동학적 특성은 심실빈맥과 비슷하다. 편위전도는 운동을 중단한 후 맥박수가 떨어지면 저절로 사라지게 된다. 빈맥-서맥 증후군과 반대로 베타차단제나 아미오다론과 같은 항부정맥제를 투약해 맥박수 상승을 억제하면 심방세동 환자의 편위전도 발생을 예방할 수 있다. 심방세동 환자에서 빈맥-서맥증후군이나 편위전도가 확인되

면 심장내과 전문의와 협의해 약물조정을 해야 한다.

(3) 서맥성 부정맥의 유발

심부전 환자에서 운동재활 중 2도 또는 3도 방실전도차단이 유발될 수 있다 (Fig. 5). 정상인의 경우 운동 중에는 교감신경계가 항진되고 체내 카테콜아민 농도가 상승하면서 전도조직의 전도특성이 좋아지게 된다. 운동 중 2도 또는 3도 방실전도차단이 유발된다는 것은 방실결절이나 히스속-푸르킨예섬유가 심각한 손상을 받았다는 것을 의미하기 때문에 대부분의 환자는 인공심장박동기 이식을 받아야 한다. 운동에 의해 유발되는 방실전도차단은 실신이나 급사를 유발할 수 있는 위험한 소견이므로 심장내과 전문의와 상의해 베타차단제 등 방실전도차단을 악화시킬 수 있는 약물의 투약을 중단하고 인공심장박동기를 이식하는 등의 대책을 마련해야 한다 [15].

5) 혈관미주신경반응의 유발

혈관미주신경반응은 일반적으로 장시간의 기립이나 과도한 감각자극(예: 통증)에 의해 유발되지만, 일부 환자에서는

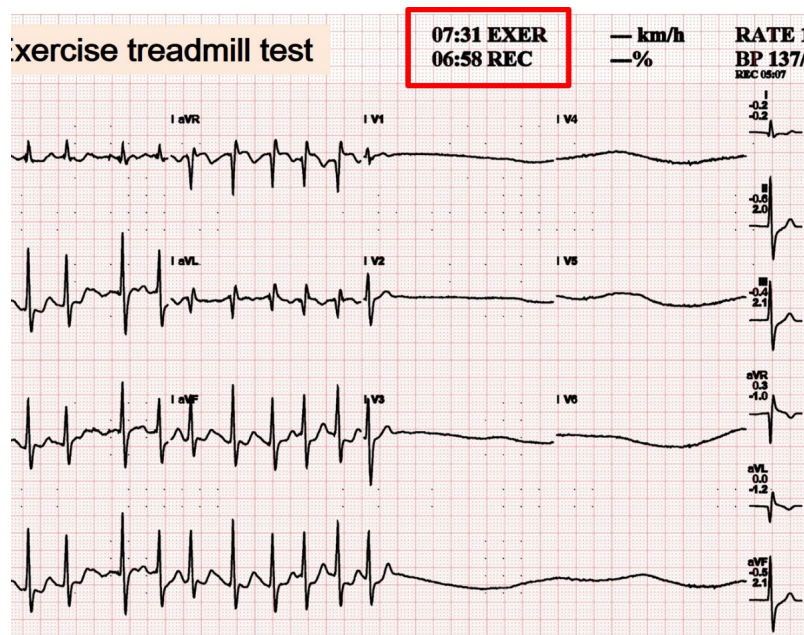


Fig. 4. Termination of atrial fibrillation with sinus pause after finishing exercise
After completing the exercise treadmill test, sustained atrial fibrillation induced by exercise was terminated by a sinus pause of 4 seconds, a typical finding of tachycardia-bradycardia syndrome.

운동에 의해서도 유발될 수 있다. 정상인의 경우 운동 중에는 교감신경계가 항진되고 운동을 마치고 안정을 취하는 회복기에는 보상작용으로 부교감신경계(= 미주신경계)가 항진된다. 혈관미주신경반응이 잘 나타나는 환자의 경우 회복기에 부교감신경계가 과도하게 항진되는데, 혈관이 확장되고 맥박이 느려지면서 혈관미주신경반응의 전형적인 전조(가슴 답답함,

호흡곤란, 메스꺼움, 식은땀 등)가 나타난다. 전형적인 전조가 나타난 후에는 동서맥이나 동정지가 출현할 수 있고(Fig. 6), 일부 환자에서는 2도 또는 3도 방실전도차단이 출현하기도 한다(Fig. 5). 혈관미주신경반응이 나타나면 환자를 침대에 눕히고 머리로 향하는 혈류량이 증가하도록 다리를 머리보다 높은 위치에 두어 실신을 예방해야 한다. 5-10분 정도 휴식을

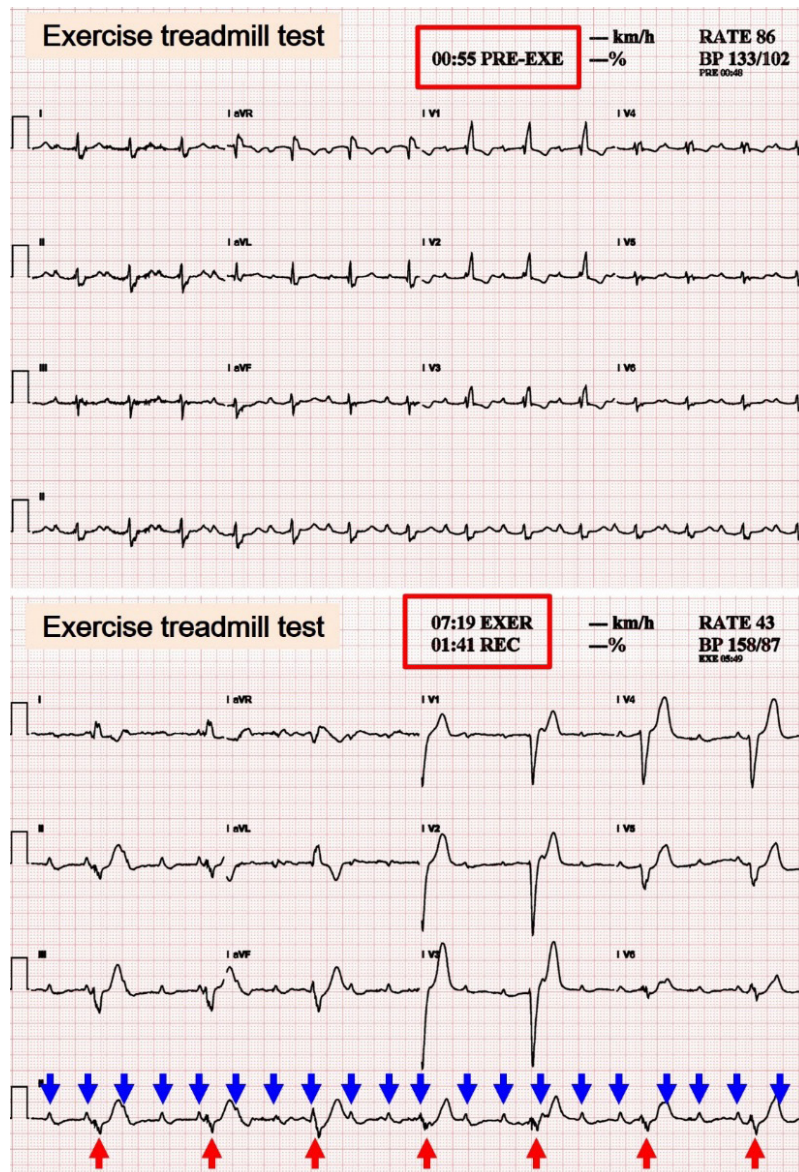


Fig. 5. Termination of atrial fibrillation with sinus pause during exercise. The pre-exercise electrocardiogram displays sinus rhythm with first-degree AV block and right bundle branch block (upper panel). Complete AV block was induced by exercise during stage 3 of the exercise treadmill test (Bruce protocol). The post-exercise electrocardiogram illustrates complete AV block with a ventricular escape rhythm of 42 bpm (blue arrows = P waves, red arrows = ventricular escape beats).

취하면 대부분 저절로 회복되는데, 저혈압이나 서맥이 심한 경우에는 생리식염수나 아트로핀을 정주해 볼 수도 있다. 혈관미주신경반응에 의한 서맥성 부정맥은 운동 중 유발되는 2도 또는 3도 방실전도차단과 달리 특별한 경우를 제외하고는 인공심장박동기 이식을 필요로 하지 않는다. 심장재활을 필요로 하는 심부전증 환자들은 건강한 사람들에 비해 운동

중 받는 신체적 스트레스가 커 언젠든 혈관미주신경반응이 유발될 수 있다. 심박출량이 떨어져 있고 서맥과 저혈압을 유발할 수 있는 여러 심부전증 치료제를 복용하고 있는 환자에서 혈관미주신경반응이 유발되면 심각한 저혈압이나 서맥성 부정맥이 유발될 수 있다는 점을 기억해 두어야 하겠다.

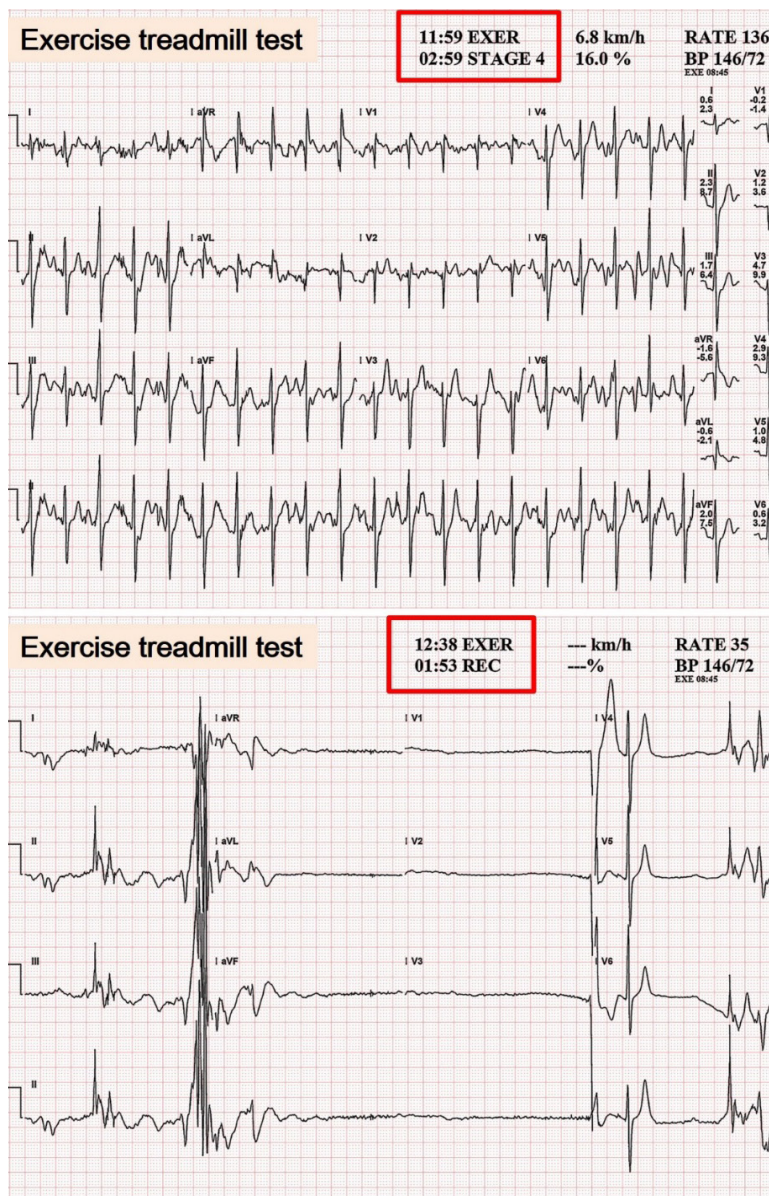


Fig. 6. Post-exercise vagotonia induced sinus pause.

The pre-exercise electrocardiogram shows sinus tachycardia with a rate of 136 bpm (upper panel). Following the completion of the exercise treadmill test, a sinus pause lasting over 4 seconds appeared during the cool-down (recovery) period, induced by post-exercise vagotonia.

6) 삽입형제세동기 및 심장재동기화치료기-제세동기를 가진 환자에서 발생할 수 있는 문제점

우리나라와 선진국의 심장학회에서는 박출률 저하 심부전증 환자들 중 심실성 빈맥이 발생 또는 재발할 가능성이 높은 고위험 환자의 돌연사를 예방하기 위해 삽입형제세동기나 심장재동기화치료기를 이식할 것을 권고하고 있다[6]. 삽입형제세동기나 제세동 기능을 가진 심장재동기화치료기는 우심실에 고정하는 유도전극에 제세동 에너지를 전달하기 위한 속코일(shock coil)이 있는데, 흉부X선영상에서 속코일을 볼 수 있다(Fig. 7). 제세동기는 기본적으로 우심실에 삽입된 유도전극을 통해 심실의 탈분극 패턴을 감시하는데, 심실이 빠르게 탈분극하면 심실세동이나 심실빈맥이 출현한 것으로 보고 제세동을 하게 만들어져 있다. 심장내과 전문의는 제세동기가 어떤 기준에 따라 제세동을 해야 하는지를 설정해 두는데, 만약 심실이 분당 120회 이상으로 느리게 탈분극 하기만 해도 제세동을 하도록 설정해 두면 제세동기는 동빈맥을 심실세동으로 보고 부적절한 제세동을 할 수 있다. 심방세동이 있는 환자의 경우 운동 중 맥박수가 급격히 올라갈 수 있는데, 제세동기가 심방세동을 심실세동으로 잘못 판단해 제세동을 할 수도 있다. 최근에는 심장으로 연결되는 유도전극이 없는 피하 이식형 제세동기도 사용되고 있는데(Fig. 7), 높은 전압의 T파를 QRS파로 인식하거나 환자의 움직임에 의해 만들어진 비정상 파형(motion artifact)을 QRS파로 인식해 불필요한 제세동을 할 수 있다. 상심실성빈맥(동빈맥, 심방세동 등)이나 QRS파 또는 T파의 인식오류로 인해 불필요한 제세동이 시행

되면, 환자가 정신적 트라우마를 받을 뿐 아니라 제세동 에너지에 의한 심근손상으로 좌심실의 수축기능까지 나빠질 수 있다. 운동 중 맥박수가 과도하게 올라가지 않도록 베타차단제와 같은 약물을 투약하고 운동의 강도를 조절해야 하며, 불필요한 제세동이 시행되면 제세동 설정을 변경하거나 운동재활 시간에는 제세동 기능을 잠시 불활성화 해 두는 등의 추가 조치가 필요할 수 있다.

7) 충분하지 않은 운동재활에 대한 염려

2000년대에 들어서면서 관상동맥중재시술 및 관상동맥우회로조성수술을 통한 재관류치료 수준이 크게 높아졌고, 다양한 심부전증 치료제들도 처방할 수 있게 되었다. 운동부하 심장재활 프로그램도 잘 정립되어 있어 실제로 심장재활 중 심각한 심장관련 합병증이 유발되는 사례를 보기는 매우 어렵다. 오히려 재활치료실에서는 심장관련 합병증 발생에 대한 환자나 의료진의 두려움 때문에 운동재활을 적극적으로 시행하지 못하고 있을 가능성도 있다. 운동 중 흉통이나 호흡곤란을 느낄 때 일부 환자는 죽음에 대한 공포를 이기지 못하고 운동을 포기할 수 있고, 심부전의 원인 교정을 위해 개흉수술을 받은 환자의 경우 절개부위의 통증 때문에 운동강도를 올리는 것이 어려울 수도 있다. 심장재활은 합병증에 비해 얻을 수 있는 이득이 훨씬 크기 때문에, 환자가 가벼운 증상을 호소한다고 해서 운동을 조기에 중단하거나 운동강도를 너무 낮게 유지해서는 안 되겠다. 심부전 환자의 경우 심실조기박

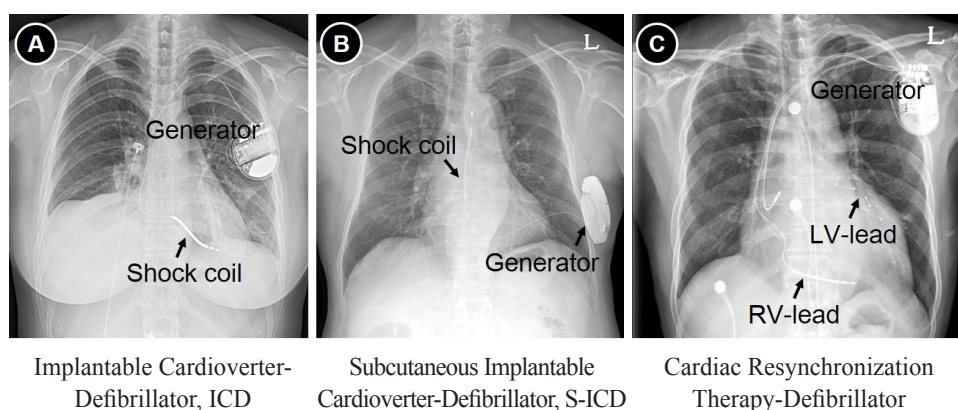


Fig. 7. Cardiac implantable electronic devices for heart failure patients.

(A) An implantable cardioverter-defibrillator with a transvenous lead with a shock coil. (B) An implantable cardioverter-defibrillator with a subcutaneous lead with a shock coil. (C) A Cardiac resynchronization therapy device with a right ventricular (RV) lead with a shock coil and a left ventricular (LV) lead for biventricular pacing.

동과 같은 가벼운 심실성 부정맥이나 심방세동과 같은 상심실성 부정맥을 가진 경우가 상당히 많은데, 치명적이지 않은 부정맥 때문에 운동을 조기에 중단하거나 운동강도를 너무 낮게 유지해서도 안 되겠다.

심전도에 대한 부적절한 해석도 심장재활에 영향을 미칠 수 있다. 급성 심근허혈의 중요 심전도 이상소견은 ① ST분절의 상승, ② ST분절의 하강, ③ T파의 역위이다. ①-③의 이상

소견은 허혈로 인한 심근세포의 재분극에 이상을 반영하는데, 재관류 치료가 잘 되었다고 급성심근경색 직후에는 위의 심전도 이상소견이 남아 있는 경우가 많다. 운동재활 중 맥박수가 올라가면 재분극 이상이 더 심해지면서 안정시에 보이던 ST분절의 상승이나 하강이 증폭(augmentation)되어 보인다(Fig. 8). 이러한 현상을 급성 심근허혈이 유발된 것으로 잘못 해석해 운동재활을 조기에 중단해서는 안 되겠다. 좌

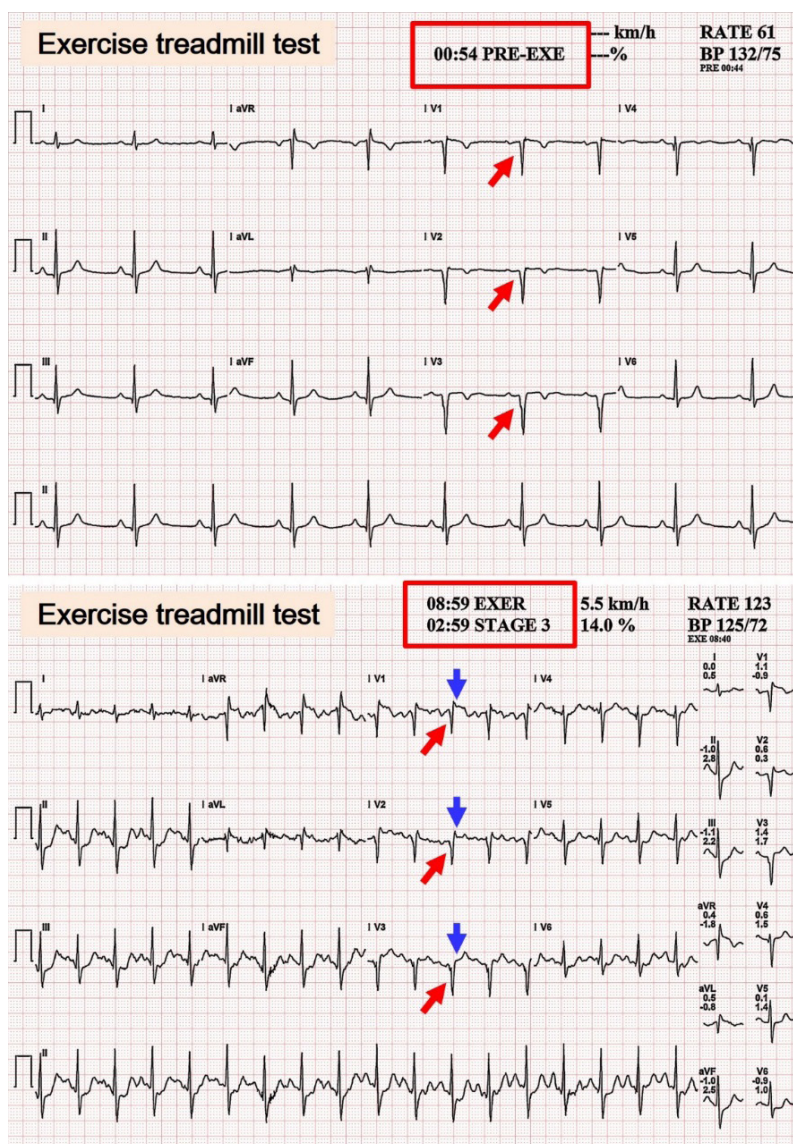


Fig. 8. Old myocardial infarction with pathologic q waves and augmentation ST segment elevations during exercise. The pre-exercise electrocardiogram revealed pathologic q waves (indicated by red arrows) and mild ST segment elevations in V1-V3 precordial leads, typical findings of prior myocardial infarction (upper panel). In comparison with the pre-exercise electrocardiogram, the ST segments (indicated by blue arrows) became more elevated during exercise (lower panel).

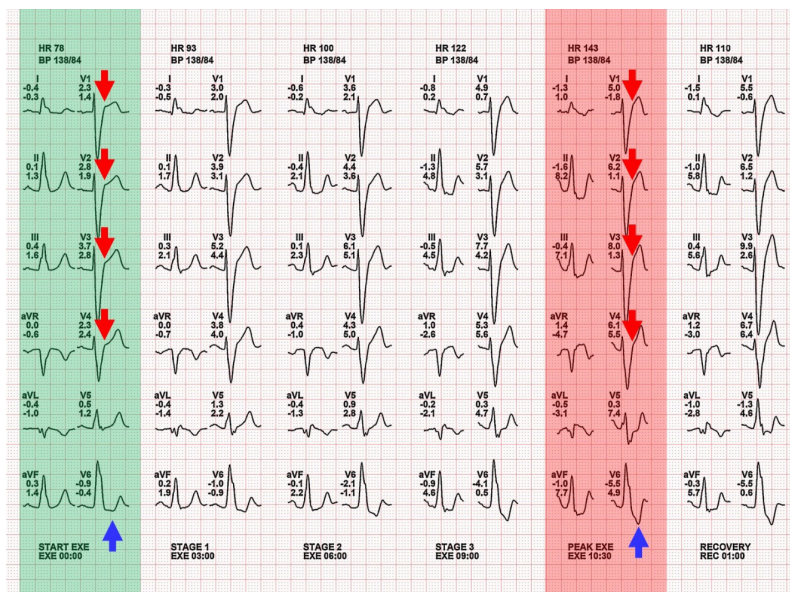


Fig. 9. Intraventricular conduction delay and augmentation of ST-T wave abnormalities during exercise. At the initiation of the exercise treadmill test, the electrocardiogram (indicated by the green box) demonstrated intraventricular conduction delay (QRS complex duration = 160 ms) of left bundle branch configuration with ST segment elevations (indicated by red arrows) and T wave inversions (indicated by blue arrows). Amplitudes of ST segment elevations and T wave inversions were augmented during exercise treadmill test at peak exercise (indicated by red box).

각차단, 우각차단과 같은 각차단이 있는 환자나 인공심장박동기의 심박조율을 받는 환자는 QRS파의 지속시간이 120 msec를 넘는 심실 내 전도지연을 보인다. 심실 내 전도지연이 있는 환자에서도 심근의 재분극 이상 때문에 심근허혈과 유사한 ①-③의 심전도 이상소견을 볼 수 있는데, 맥박수가 올라가면 심근허혈이 없더라도 안정시에 보이던 ST분절의 상승이나 하강이 증폭되어 보인다(Fig. 9). 정상인에서도 V1 흉부 유도나 aVR 하지유도에서는 T파의 역위를 볼 수 있는데, 맥박수가 올라가면 심근허혈이 없더라도 V1, aVR 유도에서 ST분절이 상승하는 것을 볼 수 있는데 이는 정상적인 현상이다(Fig. 8). 운동재활을 시작하기 전 안정 상태에서 얻은 환자의 심전도를 꼼꼼히 잘 확인하는 것은 운동 중 나타나는 ST분절의 상승이나 하강이 심근허혈에 의해 유발된 것인지 아닌지를 감별하는데 큰 도움이 된다.

결론

운동부하 심장재활은 심부전 환자의 신체적, 심리적, 사회

적 회복을 위한 중요한 치료전략 중 하나다. 운동재활을 시작하기 전 심부전의 증상이나 징후가 조절되었는지, 심부전의 원인이 교정되었는지, 좌심실 수축기능은 회복되었는지, 투약 중인 심부전 치료제의 종류와 용량은 적절인지 확인해야 한다. 운동재활의 금기와 운동재활을 즉시 중단해야 하는 기준을 잘 알고 있어야 한다. 운동재활 중 나타나는 심전도 변화를 정확히 해석할 수 있어야 심장관련 합병증 발생을 진단할 수 있다. 운동재활 중 급성 심근허혈, 다양한 종류의 부정맥, 혈관미주신경반응 등이 유발될 수 있지만 치명적인 사고가 발생하는 경우는 매우 드물다. 제세동기를 가진 심부전증 환자에서 운동재활 중 불필요한 제세동이 시행될 수 있어 주의가 필요하다. 심장관련 합병증 발생 가능성 때문에 심부전 환자가 충분한 운동재활을 받지 못하는 사례가 없도록 해야 한다. 심장재활 중 발생하는 여러 문제에 대응하기 위해서는 심장내과 및 재활의학과 의료진은 지속적으로 긴밀하게 의사소통을 해야 한다.

REFERENCES

1. Pavy B, Iliou MC, Meurin P, Tabet JY, Corone S, Functional E: Cardiac Rehabilitation Working Group of the French Society of C. Safety of exercise training for cardiac patients: results of the French registry of complications during cardiac rehabilitation. *Arch Intern Med*. 2006;166:2329-34.
2. Cho JY, Cho DH, Youn JC, Kim D, Park SM, Jung MH, et al. Korean Society of Heart Failure Guidelines for the management of heart failure: definition and diagnosis. *Int J Heart Fail* 2023;5:51-65.
3. Bozkurt B, Savarese G, Adamsson Eryd S, Bodegard J, Cleland JGF, Khordoc C, et al. Mortality, outcomes, costs, and use of medicines following a first heart failure hospitalization: EVOLUTION HF. *JACC Heart Fail* 2023;11:1320-32.
4. Johansson I, Joseph P, Balasubramanian K, McMurray JJV, Lund LH, Ezekowitz JA, et al. Health-related quality of life and mortality in heart failure: the global congestive heart failure study of 23 000 patients from 40 countries. *Circulation* 2021;143:2129-42.
5. Grace SL. Evidence is indisputable that cardiac rehabilitation provides health benefits and event reduction: time for policy action. *Eur Heart J* 2023;44:470-2.
6. Youn JC, Kim D, Cho JY, Cho DH, Park SM, Jung MH, et al. Korean Society of Heart Failure Guidelines for the management of heart failure: treatment. *Int J Heart Fail* 2023;5:66-81.
7. Baratto C, Caravita S, Soranna D, Dewachter C, Bondue A, Zambon A, et al. Exercise haemodynamics in heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *ESC Heart Fail* 2022;9:3079-91.
8. Franz MR, Cima R, Wang D, Profitt D, Kurz R. Electrophysiological effects of myocardial stretch and mechanical determinants of stretch-activated arrhythmias. *Circulation* 1992;86:968-78.
9. Steinhaus DA, Lubitz SA, Noseworthy PA, Kramer DB. Exercise interventions in patients with implantable cardioverter-defibrillators and cardiac resynchronization therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2019;39:308-17.
10. Atterhog JH, Jonsson B, Samuelsson R. Exercise testing: a prospective study of complication rates. *Am Heart J* 1979;98:572-9.
11. Takata K, Imaizumi S, Zhang B, Miura S, Saku K. Stabilization of high-risk plaques. *Cardiovasc Diagn Ther* 2016;6:304-21.
12. Previtali M, Ardissino D, Barberis P, Panciroli C, Chimienti M, Salerno JA. Hyperventilation and ergonovine tests in Prinzmetal's variant angina pectoris in men. *Am J Cardiol* 1989;63:17-20.
13. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (committee on exercise testing). *Circulation* 1997;96:345-54.
14. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873-934.
15. Aizawa Y, Kawamura A. Exercise-induced atrioventricular block. *Intern Med* 2021;60:827-8.