

당뇨병의 운동치료법

영남대학교 의과대학 생리학교실

이 석 강

서 론

최근 우리나라는 물론 세계적으로 환경과 식생활 양식이 급격히 변하고 있으며 이로 인한 질병의 발생이 다양화되고 있다. 특히 당뇨병의 발생 빈도는 급격히 증가하여 현재 우리나라에서는 1.5-2 백만명의 환자가 있는 것으로 추정되며, 미국에서는 약 1천6백만명의 환자가 있는 것으로 조사, 보고되고 있다(김진우, 1997). 당뇨병은 그 자체도 대사장애로 많은 생리적 변화를 야기하지만, 더욱 심각한 것은 심혈관 질환을 포함한 말초혈관 질환(angioathy), 신병증(ncphropathy), 신경병증(neuropathy), 망막병증(retinopathy) 등 당뇨합병증의 발생이다.

1997년 6월 미국 당뇨병학회에서는 당뇨병의 조기진단과 효과적인 치료를 위해서 기존의 WHO 기준보다도 더욱 강화된 당뇨병 진단기준(안)을 마련하여 제시한 바 있다. 새로이 제시된 당뇨병의 진단기준은 ① 당뇨병 증상(당뇨, 갈증, 원인모를 체중감소)과 함께 혈당 200mg/dl 이상 ② 최소 8시간 이상 공복시 혈당이 126mg/dl 이상 ③ 경구내당능검사 2시간 혈당이 200mg/dl 이상으로서 특히 ②의 기준이 종래(140mg/dl)보다 많이 강화되었다. 공복시 혈당측정은 검사방법이 비교적 간편하며 경비도 절약되기 때문에 미국 당뇨병

학회에서는 이 기준을 많이 활용하여 당뇨병을 조기에 진단하도록 권장하고 있다. 우리나라도 새로운 기준에 따라 당뇨병을 진단한다면 현재 추정되고 있는 환자수보다 적어도 20-25% 정도 늘어날 것으로 예상된다(김진우, 1997).

당뇨병은 제1형 및 제2형 당뇨병과 특수한 원인 즉 유전적인 결함, 췌장의 내분비질환, 약물 및 감염 등에 의한 당뇨병 등으로 구분된다. 제1형은 인슐린 분비장애로 인한 당뇨병이고, 제2형은 말초조직에 인슐린 저항성이 발생하고 인슐린 분비장애는 없거나 미미한 경우에서부터 심한 감소에 이르기까지 다양한 특성을 나타내는 당뇨병이라 할 수 있다. 당뇨병치료의 원칙은 병인을 알아내고 병인에 따라 고혈당을 효과적으로 치료하는 것이라 할 수 있다. 일반적으로 고혈당은 운동치료법, 식이요법, 혈당강하제 및 인슐린의 투여로 개선할 수 있다. 최근에 당뇨병의 치료방법으로 규칙적인 운동이 여러 각도에서 논의되고 있으며 규칙적인 운동의 구체적인 효과로는 인슐린 저항성의 개선, 혈당조절, 섬유소 용해능 향진, 혈압강하, 혈중중성지방의 감소 및 고밀도지단백 증가 등이 있으며 동시에 체중조절과 정신적인 즐거움을 통한 삶의 질적 향상이라는 관점에서도 유용하다고 할 수 있다. 운동은 특히 중증도의 제2형 당뇨병의 치료에 효과적이며 규칙적인 운동만으로도 당뇨병

의 진행을 완전히 차단하거나 억제하는 효과가 있다. 한편 놀라운 사실은 1991년 미국당뇨병학회에서 특히 제2형 당뇨병의 치료에 운동치료법을 공식적으로 추천한 바 있지만 그 후 구체적인 운동 처방을 제시하는 의사나 운동처방에 따르는 환자가 매우 드물다는 것이다. 여기에서는 운동의 당대사 개선기전과 제2형 당뇨병의 운동치료에 관해서 논의하고자 한다.

운동의 당대사 개선효과

정상인에서 운동은 근육으로 가는 혈류를 증가시키며, 지속적인 근 수축결과 세포내에 있던 당수송체(glucose transporter)가 세포막으로 이동하여 근육의 당섭취능이 20 배까지 증가한다(Ahlborg 등, 1974). 이때 혈당은 간의 당생성이 증가된 결과 첫 1 시간동안에는 변화가 없으며 2-3 시간 운동을 지속하면 저혈당이 나타난다(Felig 등, 1982). 잘 훈련된 운동선수는 근육의 인슐린 감수성

(insulin sensitivity)이 증가하여 낮은 인슐린 농도에서도 당투여에 의한 내당능이 정상적으로 유지된다. 보통사람에서도 4-6주간 집중적으로 운동을 하면 당수송체의 수와 당원합성효소(glycogen synthase)의 활성도가 증가하여 근육의 인슐린 감수성이 향상되지만(Defronzo 등, 1987), 며칠간 운동을 중단하면 인슐린 감수성이 현저하게 저하된다고 한다(Koivisto 등, 1986).

제2형 당뇨병환자에게 단시간의 운동을 부하하면 인슐린 감수성이 12-16 시간 정도 지속된다고 하며(Devlin 등, 1987) 이때에도 인슐린 감수성이 향상되어 간의 당생성보다 당이용이 많아지지만 실제로 저혈당이 생기는 일은 적다고 한다(Koivisto 등, 1984). 또한 제2형 당뇨병환자에게 장기간의 운동을 부하하면 인슐린 수용체(insulin receptor)의 수(Pederson 등, 1980)와 근육의 당수송체수 그리고 인슐린 감수성이 증가하게 되고 6주 후에는 당대사가 개선된 결과 HbA_{1c}가 1.0-1.5% 정도 낮아지고 훈련이 끝난 후에도 수 개월간 당대사의 개선효과가 유지된다고도 한다(Scheider

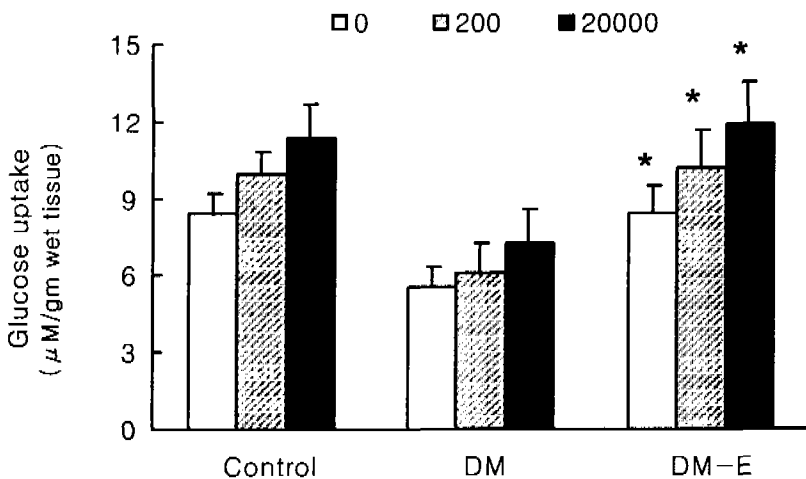


Fig. 1. Effect of insulin and exercise on glucose uptake in soleus muscle of diabetic rats *in vitro*. 0,200,20000: insulin (µIU / ml); DM : diabetes; DM-E: diabetes + exercise * p < 0.01 vs DM.

등, 1984). Streptozotocin(STZ)으로 유도한 당뇨흰쥐에서는 췌장의 인슐린 분비감소와 함께 말초조직의 인슐린 저항성도 발생하여 고혈당이 나타난다. STZ-당뇨흰쥐를 대상으로한 본 교실의 실험결과(박진현 등, 1990) 골격근의 당섭취능이 단회 운동부하 후 대조군의 수준으로 향상되었으며(그림 1), 또한 4 주간 규칙적인 운동을 부하하고 72 시간 방치한 STZ-당뇨흰쥐에서도 운동을 부하하지 않은 STZ-당뇨흰쥐보다 골격근의 인슐린 반응도가 높았고 혈당과 인슐린 분비는 낮았으며(전명홍 등, 1992) 제4형 당수송체의 수는 정상으로 회복되었다(배형일, 1994).

이상에서 본바와 같이 운동부하는 인슐린반응, 말초조직의 당수송체 수의 증가, 당수송체 수 증가와 세포막으로의 이동, 당원합성효소의 활동도 증가 등에 의한 당대사 개선효과가 있다고 할 수 있다.

운동치료법

규칙적인 운동이 모든 당뇨환자에게 똑같이 유용한 것은 아니다. 당대사의 관점에서 운동치료법은 인슐린 저항성과 더불어 심한 인슐린분비 장애까지 유발된 제2형 당뇨환자보다는 인슐린 저항성의 발생이 주 원인인 중등도의 제2형 당뇨병 치료에 더 효과적이며 운동치료법만으로는 제1형 당뇨병의 완전한 당대사 개선 효과를 기대하기는 어렵다.

운동치료전 환자에 대한 평가: 제2형 당뇨병은 대체로 중년 이후 연령에서 자주 발생하며 진단시에 이미 건강한 사람에 비해서 관상동맥 경화의 빈도가 2배나 높고, 신경병증이나 망막병증 등 합병증도 운동시에 문제를 일으킬 수 있으므로 운동치료전에 합병증의 유무와 운동부하에 대한 적응능력을 정확하게 평가해야 한다. 평가방법으로 심

전도검사를 통해 관상동맥경화여부를 확인해야 하며 강도가 다른 여러 단계의 운동에 대한 심박동수와 혈압의 반응 그리고 운동후 단백뇨의 발생여부등을 검토하여 적절한 조치를 취한 후 운동치료를 시행해야 한다.

운동의 종류, 강도, 기간, 빈도의 결정: 적당한 정도의 규칙적인 운동은 심맥관계나 근육의 기능을 향상시킬 수 있다는 것은 주지의 사실이다. 실제로 제2형 당뇨병을 치료할 목적으로는 많은 근육이 동시에 관여하고, 반복적으로 수축하게 되는 걷기, 달리기, 수영 혹은 자전거 타기 등과 같은 유산소운동이 적합하다. 옛날에는 역기운동과 같은 강한 저항성운동이 심맥관계의 위험을 가중시킨다고 하였으나 최근의 연구결과에서는 당뇨환자에서도 이러한 운동이 당 이용도의 개선, 혈중 중성지방의 감소, 혈압 강하 등의 효과가 있다고 한다. 또한 운동에 의한 근육의 발달은 기초대사량을 향상시키는 기능이 있기 때문에 체중유지에 유용하며 특히 노인들에게는 근력을 강화하거나 골대사를 향상하는 기능이 있다. 그러나 증식성 망막병증이나 고혈압이 있는 환자는 숨을 참는 동작이 포함되는 강한 저항성 운동은 피하는 것이 좋다. 운동 부하 전에는 반드시 약 5 분간 준비운동을 해야하며 이것은 근육이 운동에 대비하게 할 뿐 아니라 사용되는 관절을 유연하게 하여 운동을 원활하게 해준다. 실제 운동은 20-40 분동안 지속적으로 하는 것이 적합하나 매 5-10 분마다 1-2 분간의 휴식시간을 두는 것은 나쁘지 않을 뿐만 아니라 노인이나 지속적인 운동에 적응하기 어려운 환자에게는 오히려 도움이 된다. 이때 처음에는 5 분정도에서 시작하여 하루에 1-2 분씩 늘여 나가서 1-2 주후에 20 분이상 지속할 수 있게 한다. 그러나 20 분 이내의 운동으로는 당대사나 지질대사를 효과적으로 개선할 수 없으며 또한 1 시

간 이상의 지속적인 운동은 근육에 손상을 줄 우려마저 있기 때문에 적합하지 않다. 당뇨병환자에게 부하할 운동의 강도는 최대산소소비량(VO_{2max})을 기준으로 하였을때 50-75% 수준인 중등도의 운동이 가장 적합하며 이때 운동으로 인한 골격근의 당원농도가 감소하는 15-20 분 정도가 되어야만 인슐린 감수성이나 당이용율이 증가하게 된다. 정상적인 사람에서도 최대산소소비량이 50% 이하의 강도로도 규칙적인 운동을 시행하면 심박관계의 질환으로 인한 사망률을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 고중성지방증도 낮출 수 있다고 하나 고밀도지단백을 증가시키기 위해서는 더 높은 강도로 더 오랜 시간 운동부하를 해야한다. 당뇨병 치료를 위한 운동처방시 운동의 강도평가는 심박동수변화를 기준으로하며 동일한 운동부하시에도 연령, 성, 체격 등에 따라서 심박동수에 차이가 많기 때문에 예상 최대 심박동수와 안정 심박동수를 기준으로 하여 산소소비량의 정도를 평가할 수 있다. 예상 최대 심박동수는 $210 - (0.65 \times \text{연령})$ 의 공식으로 계산한다(Lange - Anderson 등, 1971). 중등도의 강도에 해당되는 최대 산소소비량의 60%에 해당되는 운동을 부하하기 위해서는 심박동수가 얼마가 되어야 하는냐 하는 것은 $[\text{심박동수} = (\text{예상최대심박동수} - \text{안정심박동수}) / 2 + \text{안정심박동수}]$ 의 공식에서 구할 수 있다(안정심박동수 : 기상직전 안정상태의 심박동수). 예를 들어 58세의 남자에서 최대 산소소비량의 60% 수준의 운동량이 되기 위한 심박동수는 118/분이다(예상최대심박동수: 172/분, 안정심박동수 66/분). 물론 전적으로 심박동수만으로 운동강도를 결정할 수는 없으며 환자의 여러 가지 상태를 감안해야 한다. 운동부하는 처음에는 비교적 낮은 강도로 시작하여 4-6 주간 적응과정을 거치면서 목표하는 강도의 운동량에 이르게 한다. 심박동수의 측정은 운동직후 10 초이내의 값으로 해야 하며

그 이후 값으로는 운동의 강도를 정확하게 평가할 수 없고 심박동수는 탈수, 전해질 불균형, 습도 및 온도, 약물투여 등에 의해서 많은 영향을 받는다는 점에 주의해야 한다. 요즘은 위에서 언급한 유산소운동과 15-20 분간의 저항성운동을 병행하는 프로그램도 많이 이용되고 있다. 당대사의 개선을 위해서는 최소한 1 주일에 3-4 일간의 운동부하가 필요하며 3 일 이내로는 복적을 달성할 수 없으며 체중감소를 위해서는 최소한 5 일간의 운동부하가 필요하다. 운동의 강도를 높이면 빈도를 줄여도 되지 않느냐 하는 생각을 할 수 있겠지만 운동의 강도를 높인다고해서 빈도를 줄여서는 소기의 목적을 달성할 수 없다. 운동의 효과는 체중의 감소와 심박동수의 감소로 평가될 수 있고 이를 통해 결과를 지속적으로 감시할 수 있다.

당뇨합병증환자의 운동치료: 대부분의 제2형 당뇨병환자에서는 적당한 운동처방으로 효과를 거둘 수 있지만 증식성 망막 합병증환자에서는 망막출혈의 위험이 있기 때문에 운동부하시 초래될지도 모르는 혈압의 과도한 상승(>180 mmHg), 두부의 과격한 움직임 등은 피해야 한다. 신합병증환자에서는 안정상태에서는 단백뇨가 없거나 약한 경우에도 운동부하 후 지속적인 단백뇨의 위험이 있기 때문에 주의해야 한다. 어떤 경우에는 운동부하 후 단백뇨의 출현이 당뇨병성 신병증의 위험을 예고하기도 하며 당뇨병성 신증환자에서 단백뇨의 출현 정도는 운동의 강도나 이로 인한 혈압상승과 비례한다. 당뇨병성 신경합병증이 있으면 통각, 압각, 고유수용성 감각 등이 소실되고 신경장애로 인한 근위축이 있으므로 달리기보다는 걷기나 수영 등이 좋다. 운동부하 중에는 혈당이 감소하기 때문에 인슐린이나 sulfonylurea 등의 혈당 강하제를 사용할 때는 용량과 투약시간, 투약부위 등에 각별히 유의해야 한다.

결 론

당뇨병에 대한 운동치료는 거의 모든 제2형 당뇨병환자에서 효과적이지만 특히 인슐린 저항성의 증가가 주원인인 중등도의 당뇨병인 경우에 가장 효과적이다. 의사들은 운동의 중요성을 잘 설명해야하는 것은 물론 개개의 환자에게 가장 적합한 운동을 추천하고 또한 운동에 의한 부작용을 최소화하는데 유념해야 한다.

참 고 문 헌

김진우: 미국 당뇨병 전문위원회의 새로운 권고기준. 대한의사협회지 40: 1249-1259, 1997.

박진현, 김용운, 김종연, 이석강: 당뇨병 환취에서 운동부하가 시험관 실험에서 골격근의 당섭취에 미치는 영향. 영남의대학술지 7(1): 29-37, 1990.

배형인: STZ-당뇨 환취에서 규칙적인 treadmill 운동이 골격근 제4형 당수송체에 미치는 영향. 박사학위논문, 영남대학교 대학원, 1994.

전명흡, 김용운, 김종연, 이영만, 이석강: 규칙적인 운동부하가 Streptozotocin 투여환취 골격근의 당섭취와 당내성에 미치는 영향. 영남의대학술지 9(1): 121-129, 1992.

ADA International Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetic Care 20: 1183-1197, 1997.

Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendlar R, Wahren J: Substrate turnover during prolonged exercise in man: splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids and amino acids. J Clin Invest 53: 1080-1090, 1974.

DeFronzo RA, Sherwin RS, Kraemer N: Effect of physical training on insulin action in obesity. Diabetes 36: 1379-1385, 1987.

Devlin JT, Hirshman M, Horton ED, Horton ES: Enhanced peripheral and splanchnic insulin sensitivity in NIDDM men after single bout of exercise. Diabetes 36: 434-439, 1987.

Felig P, Cherif A, Minagawa A, Wahren J: Hypoglycemia during prolonged exercise in man. N Engl J Med 306: 895-900, 1982.

Koivisto VA, DeFronzo RA: Exercise in the treatment of type II diabetes. Acta Endocrinol 262(suppl): 107-111, 1984.

Koivisto VA, Yki-Jrvinen H, DeFronzo R: Physical training and insulin sensitivity. Diab Metab Rev 1: 445-481, 1986.

Lange-Anderson K, Shephard RJ, Denolin H et al: Fundamentals of Exercise Testing. World Health Organization, Geneva, 1971.

Jones NL, Campbell EJM: Clinical Exercise Testing. 2nd Ed, WB Saunders Co, Philadelphia, 1982, p34.

Pederson O, Beck-Nielsen H, Heding L: Increased insulin receptors after exercise in patient with insulin-dependent diabetes mellitus. N Engl J Med 302: 886-892, 1980.

Scheider SH, Amorosa LE, Khachadurian AK, Ruderman NB: Studies on the mechanism of improved glucose control during regular exercise in type 2 (non-insulin-dependent) diabetes. Diabetologia 26: 355-360, 1984

Schneider SH, Ruderman N: Use of exercise in the treatment of type 2 diabetes mellitus. Clinical diabetes 15: 176-179, 1997.