

당뇨병 예방에 있어서 운동의 역할

순천향대학교 의과대학 부천병원 내분비내과
김철희

Role of Exercise in Prevention of Type 2 Diabetes

Chul-Hee Kim

Division of Endocrinology & Metabolism, Department of Internal Medicine, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

Abstract

The prevalence of type 2 diabetes is increasing rapidly in association with adverse lifestyle changes such as excessive calorie intake and physical inactivity. Compelling evidence exists that physical exercise can prevent or delay progression to type 2 diabetes in high-risk individuals. The results of randomized controlled trials unequivocally demonstrated that intensive lifestyle interventions, including diet and exercise, can reduce the incidence of type 2 diabetes in subjects with impaired glucose tolerance. Moreover, follow-up studies indicate that reduction of diabetes incidence persists many years after the discontinuation of supervised lifestyle intervention. Thus, exercise training is highly efficient and cost-effective and should be an essential component in therapeutic strategies designed to prevent or delay the development of type 2 diabetes in those at risk. The main challenge is to develop public health approaches to implement prevention trials in the general population. (J Korean Diabetes 2011;12:29-32)

Keywords: Exercise, Type 2 diabetes, Prevention

서론

잘 알려진 바와 같이 제2형 당뇨병은 생활습관요인이 유전적 소인과 겹쳐져서 발생하는 복합적인 대사 질환이다. 제2형 당뇨병의 발생에 가장 중요한 생활습관 요인은 비만이며, 이는 지나친 열량 섭취 및 신체 활동의 감소와 밀접하게 관련되어 있다[1,2]. 제2형 당뇨병은 공복혈당장애(impaired fasting glucose, IFG)나 내당능장애(impaired glucose tolerance, IGT)로 대표되는 장기간의 전구기를 거쳐 발생하므로, 이러한 기간에 식이요법과 운동요법 등 생활습관을 교정하는 방법으로 체중을 조절하는 것이 제2형 당뇨병 예방의 중요한 전략이 될 수 있다[3,4]. 여기서는 이러한 생활습관 교정 방법 중에서 운동의 효과에 대하여 이제까지의 대표적인 몇몇 전향적 연구들을 살펴보고, 당뇨병의 예방에 있어서 운동의 역할에 대하여 고찰해 보고자 한다.

1. 운동의 대사적 효과

신체활동의 부족(physical inactivity)이 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 주요 위험인자라는 사실은 이미 여러 역학적 관찰연구 및 전향적 연구들에서 반복적으로 증명되어 있다[5,6]. 예를 들어, 신체활동이 활발한 사람들이 하루 중 대부분을 앉아서 생활하는 사람들에 비해 제2형 당뇨병의 위험도가 낮다는 것은 역학적 연구들에서 보고되었다[7].

운동은 당뇨병환자에서 뿐만 아니라 당뇨병 전단계의 고위험군의 사람들에서도 혈당을 낮추고 인슐린 감수성을 증가시키며, 심혈관질환의 위험인자들을 개선하는 것이 잘 알려져있다[8]. 체중이 감소하지 않더라도 운동 자체가 근육에서 인슐린감수성을 증가시켜 당뇨병 발생 위험도를 낮춘다[9]. 운동은 단기간에 근육에서 포도당 섭취를 증가시킬 뿐만 아니라, 장기간의 운동훈련은 간의 포도당 대사에

영향을 주고 체성분을 변화시켜 전신의 인슐린저항성을 개선시킨다. 운동훈련에 의한 인슐린감수성의 증가는 체중 감소에 의한 효과 외에도, 내장지방을 감소시키고, 근육량을 증가시키는 등 체성분의 변화와도 연관된다. 운동은 또한 지질대사 이상을 개선시키고, 전신의 염증을 감소시키며, 혈관내피세포 기능을 개선하는 등 다양한 효과를 나타내어 인슐린저항성을 개선하고 당뇨병 발생을 감소시키는 것으로 생각된다.

2. 생활습관 개선의 효과를 증명한 중재 연구들

내당능 장애를 가진 환자들에서 생활습관 개선을 비롯한 방법으로 제2형 당뇨병을 예방할 수 있는지 알아본 몇 개의 전향적 무작위 대조 연구들이 이미 수행되어 발표되었다. 그 중에서 운동이 주요 중재방법(intervention)으로 포함되어 있는 4개의 주요 연구들에 대하여 간단히 살펴보고자 한다.

1) Da Qing Study

중국에서 1986년 시작하여 1997년 발표된 연구로, 577명의 내당능장애를 가진 성인 남녀를 운동군, 식이요법군, 운동 + 식이요법군, 대조군의 네 군으로 나누어 평균 6년간 중재를 시행하였다[10]. 식이요법은 BMI가 25 kg/m² 이상인 경우 23 kg/m²로 줄이는 것을 목표로 하였고, 운동은 여가시간의 신체활동을 하루 “1-2 단위” (1단위는 걷기 30분, 조깅 10분, 또는 수영 5분 정도의 운동량에 해당) 이상 늘리도록 하였다. 그 결과 운동군에서 대조군에 비하여 당뇨병 발생률이 59% 감소하였으며, 식이요법군(-56%) 및 운동 + 식이요법군(-51%)과 효과에 있어서 유의한 차이는 없었다.

연구가 끝난 후 대상자들을 14년 더 추적관찰하였을 때, 적극적 생활습관 개선을 시행한 환자들을 모두 합친 군(중재군)에서 대조군에 비해 20년 동안 43% 낮은 당뇨병 발생률을 보여, 생활습관의 개선 효과가 장기간 지속됨을 보여주었다[11]. 중재군에서도 결국 80%가 20년 후 당뇨병이 발생하였지만, 대조군의 93%에 비해서는 낮았고, 평균 3.6년 당뇨병 발병을 지연시키는 효과가 있었다.

2) Finnish Diabetes Prevention Study (FDPS)

핀란드에서 2001년 발표된 연구로, 522명의 과체중(평균 BMI 31 kg/m²)인 내당능장애(IGT)를 가진 사람들을 대상으로 집중적인 생활습관개선 중재를 받은 군과 대조군으로 나누어 시행되었다[12]. 대조군은 연구 시작 시점에 일반적인 식이요법 및 운동에 대한 권고만을 받았으며, 집중 중재군은 처음 1년간 체중 감량을 위한

개별화된 식이요법에 대한 상담과 더불어 신체활동을 증가(중등도의 운동을 하루 30분 이상)시키고 근력운동(resistance exercise)을 하도록 권고하였다. 처음 1년간 중재군에서는 체중이 평균 4.2 kg 감소되었고, 대조군에서는 평균 0.8 kg 감소되었다. 평균 3.2년 추적관찰 후, 대조군에서는 23%에서 당뇨병이 발생한 반면, 중재군에서는 11% 발생하여 58%의 감소를 보였다.

중재연구가 끝난 후 3년간 더 추적관찰하였을 때, 평균 7년간의 당뇨병 발병률은 중재군에서 대조군에 비하여 43%의 감소를 보였다[13]. 중재가 끝난 후의 당뇨병 발생률만을 보아도 36%의 감소를 보여 중재가 끝난 후에도 효과가 지속됨을 보여주었다. 당뇨병 발생 위험도의 감소는 성공적인 체중감량, 지방섭취의 감소, 운동과 섬유소 섭취의 증가와 관련이 있었다.

3) Diabetes Prevention Program (DPP)

DPP 연구는 2002년 발표된, 미국에서 시행된 대규모의 연구이다[14]. 내당능장애를 가진 3,234명의 대상자들을 세 군(대조군, metformin군, 집중적인 생활습관 개선군)으로 나누었다. 집중적인 생활습관 개선군은 저지방식이에 의해 7% 이상의 체중감량을 하고 이를 유지하는 것을 목표로 하였고, 중등도 강도의 운동(빠르게 걷기 등)을 1주일에 150분 이상 하도록 하였다. 이러한 목표에 도달하기 위하여 식이요법, 운동, 행동수정에 대한 16회의 교육을 하였다. 대조군과 metformin군은 생활습관 개선에 관한 인쇄물 자료와 1년에 1회의 개별 상담을 제공하였다. 2.8년간의 추적관찰 후 집중적 생활습관 개선군에서 당뇨병의 발생률을 대조군에 비하여 58% 줄일 수 있었으며, metformin은 31% 감소시켰다.

중재연구가 끝난 후 모든 군에게 생활습관 개선에 대한 집단교육을 시행하고, 5.7년간 더 추적관찰 하였는데, 추가 추적관찰 기간의 당뇨병 발생률은 세 군에서 비슷하였으나, 총 10년 간의 당뇨병 발병률은 생활습관 개선군에서 지속적으로 가장 낮게 유지되었다[15].

DPP 연구의 생활습관개선군을 추가로 분석한 결과, 체중 감소가 당뇨병 발생률 감소에 가장 중요한 예측인자였다[16]. 그러나 체중 감소 목표에 도달하지 못한 대상자군에서도 운동의 목표를 달성한 사람들에서 그렇지 못한 사람들에 비해 당뇨병 발생률이 44% 낮아서, 체중 감소효과와 독립적으로 운동이 당뇨병 예방 효과가 있음을 제시하였다.

4) Indian Diabetes Prevention Program (IDPP)

2006년 발표된 연구로, 531명의 내당능장애를 가진 사람들을 대상으로 하여 4개의 군으로 나누어 시행되었다(대조군, 생활습관 개선군, metformin군, 생활습관 개선 + metformin군)[17]. 생활습관 개선 중재는 DPP나 FDPS에 비하여 강도가 약하였고, 운동은 하루 30분 이상 빨리 걷기를 권고하였다. 약 2.5년간의 추적관찰 결과 생활습관 개선으로 당뇨병의 발생을 28.5% 감소시킬 수 있었으며, metformin 군(-26.4%)과 유사한 효과를 보였다. 생활습관개선과 metformin 두 가지를 병합하여 시행한 군(-28.2%)에서 부가적인 효과는 나타나지 않았다.

5) 기존 연구들의 메타분석

Gilies 등[18]은 2006년 이전까지 시행된, 내당능장애에서 당뇨병으로의 진행을 예방하는 효과를 알아본 17개의 무작위 대조연구들을 메타분석 하였는데, 생활습관개선을 통해 제2형 당뇨병의 49%를 감소시킬 수 있음을 보여주었다. 그러나 대부분의 주요 연구들은 운동과 식이요법을 같이 시행하여 운동 단독의 효과를 따로 본 연구는 17개 중 2개 밖에 없었다. 여기서 운동만을 시행한 경우와 식이요법과 운동을 같이 시행한 경우간의 효과에 유의한 차이는 없었다.

3. 당뇨병 예방을 위한 운동의 실제

체중감량을 목표로 하지 않을 경우 하루 30분 씩 빨리 걷기를 1주일에 5회 (150분/주) 정도 하면 효과가 있다고 하는데, 체중 감량을 하려면 운동만으로는 효과가 제한적이다. 식이 제한만으로도 효과적으로 체중을 줄일 수는 있지만, 에너지 섭취를 현저히 감소시켜 빠르게 체중을 감량하면 체지방량뿐만 아니라 체지방 체중(lean body mass)도 같이 감소하며, 기초대사량도 감소하므로 체중이 다시 증가하기 쉽다. 따라서 감소된 체중을 유지하는 데는 운동이 더욱 중요하며, 주당 200-300 분까지 점차 운동량을 증가시키는 것이 권장된다[19].

근력운동(resistance training)과 유산소운동(aerobic exercise)이 모두 효과적이며, 또 중요하다고 되어있다. 특히 나이가 들면서 근육량이 감소하고 체지방량이 증가하므로, 근육량을 유지하고 기초대사량을 증가시키는데 근력운동이 필요하다. 근력운동은 근육량과 근력을 증가시키는 것뿐만 아니라, 당뇨병의 고위험군에서 대사 상태를 개선시키는 효과도 있는 것으로 알려졌다[20].

유산소 운동은 혈관 기능을 개선시키고, 대사증후군을 가진 환자에서 대사 이상을 개선시키는 효과가 있는

것으로 잘 알려져 있다[21]. 인슐린저항성을 개선 시키는데는 같은 열량을 소모할 경우 고강도 운동이나 중등도의 운동이나 동등한 효과를 보이는 것으로 보고되었다[22]. 또한 일상생활에서 가벼운 정도의 신체활동을 하는 시간과 경구 당부하 후 2시간 혈당이 역상관관계를 보여서, 특별히 중등도 이상의 운동을 하지 않더라도 일상 생활에서 가만히 앉아있는 시간을 가벼운 신체활동을 하는 것으로 대체하면 당뇨병의 위험요소를 줄일 수 있음을 시사하였다[23].

요약 및 향후 과제

이상에서 살펴본 바와 같이 운동은 내당능장애와 같은 고위험군에서 제2형 당뇨병으로의 진행을 예방하는데 필수적이며 매우 효과적인 방법임이 증명되었다. 이전의 무작위 대조연구들에서 운동의 당뇨병 예방효과는 식이요법과 유사한 것으로 나타났으며, metformin 보다 우수하였다. 그러나 대부분의 연구들에서 생활습관 개선을 위해 식이요법과 운동을 병행하여, 운동의 독립적인 효과에 대하여는 좀 더 연구가 필요하다. 또한 운동에 식이요법 또는 약물을 추가하여 병용하였을 때 부가적인 효과를 얻을 수 없었던 이유가 아직 분명치 않으며, 좀 더 효과적인 병용 방법의 개발이 과제이다. 현재까지는 운동의 종류나 강도에 관계없이 운동량이 같다면 비슷한 효과를 보이는 것으로 되어있으나, 최적의 운동 프로그램을 개발하는 일도 남아있다. 또한 운동요법의 성공에 있어 가장 중요한 요소는 장기간의 개인의 순응도(compliance)로 알려져 있다. 임상 연구들의 결과를 일반 인구집단에 적용하기 위해서는 특히 일반인들이 쉽게 받아들일 수 있고, 장기적으로 유지할 수 있게 하는 것이 중요하며, 이를 위하여는 의학적인 면뿐만 아니라 사회적, 공중보건학적 체계를 갖추는 것이 필요하다. 그러나 이러한 노력에 소요되는 비용이 당뇨병과 이로 인한 합병증으로 초래되는 사회 경제적 비용보다는 적게 든다는 점을 잊지 말아야 하겠다.

참고문헌

1. Bassuk SS, Manson JE. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. J Appl Physiol 2005;99:1193-204.
2. Crandall JP, Knowler WC, Kahn SE, Marrero D, Florez JC, Bray GA, Haffner SM, Hoskin M, Nathan DM. The prevention of type 2 diabetes. Nat Clin Pract Endocrinol Metab 2008;4:382-93.

3. Walker KZ, O'Dea K, Gomez M, Girgis S, Colagiuri R. Diet and exercise in the prevention of diabetes. *J Hum Nutr Diet* 2010;23:344-52.
4. Tuomilehto J. Nonpharmacologic therapy and exercise in the prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2009;32 Suppl 2:S189-93.
5. Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, Niskanen LK, Rauramaa R, Lakka TA. Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2002;25:1612-8.
6. Hu FB, Li TY, Colditz GA, Willett WC, Manson JE. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA* 2003;289:1785-91.
7. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes* 2007;56:2655-67.
8. Sanz C, Gautier JF, Hanaire H. Physical exercise for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *Diabetes Metab* 2010;36:346-51.
9. Horowitz JF. Exercise-induced alterations in muscle lipid metabolism improve insulin sensitivity. *Exerc Sport Sci Rev* 2007;35:192-6.
10. Pan XR, Li GW, Hu YH, Wang JX, Yang WY, An ZX, Hu ZX, Lin J, Xiao JZ, Cao HB, Liu PA, Jiang XG, Jiang YY, Wang JP, Zheng H, Zhang H, Bennett PH, Howard BV. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 1997;20:537-44.
11. Li G, Zhang P, Wang J, Gregg EW, Yang W, Gong Q, Li H, Li H, Jiang Y, An Y, Shuai Y, Zhang B, Zhang J, Thompson TJ, Gerzoff RB, Roglic G, Hu Y, Bennett PH. The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. *Lancet* 2008;371:1783-9.
12. Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P, Keinanen-Kiukkaanniemi S, Laakso M, Louheranta A, Rastas M, Salminen V, Uusitupa M. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001;344:1343-50.
13. Lindstrom J, Ilanne-Parikka P, Peltonen M, Aunola S, Eriksson JG, Hemio K, Hamalainen H, Harkonen P, Keinanen-Kiukkaanniemi S, Laakso M, Louheranta A, Manninen M, Paturi M, Sundvall J, Valle TT, Uusitupa M, Tuomilehto J. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet* 2006;368:1673-9.
14. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, Nathan DM. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002;346:393-403.
15. Diabetes Prevention Program Research Group, Knowler WC, Fowler SE, Hamman RF, Christophi CA, Hoffman HJ, Brenneman AT, Brown-Friday JO, Goldberg R, Venditti E, Nathan DM. 10-year follow-up of diabetes incidence and weight loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet* 2009;374:1677-86.
16. Hamman RF, Wing RR, Edelstein SL, Lachin JM, Bray GA, Delahanty L, Hoskin M, Kriska AM, Mayer-Davis EJ, Pi-Sunyer X, Regensteiner J, Venditti B, Wylie-Rosett J. Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of diabetes. *Diabetes Care* 2006;29:2102-7.
17. Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, Mukesh B, Bhaskar AD, Vijay V. The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). *Diabetologia* 2006;49:289-97.
18. Gillies CL, Abrams KR, Lambert PC, Cooper NJ, Sutton AJ, Hsu RT, Khunti K. Pharmacological and lifestyle interventions to prevent or delay type 2 diabetes in people with impaired glucose tolerance: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2007;334:299.
19. Jakicic JM, Clark K, Coleman E, Donnelly JE, Foreyt J, Melanson E, Volek J, Volpe SL. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2145-56.
20. Phillips SM. Resistance exercise: good for more than just Grandma and Grandpa's muscles. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007;32:1198-205.
21. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram PM, Loennechen JP, Al-Share QY, Skogvoll E, Slørdahl SA, Kemi OJ, Najjar SM, Wisloff U. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation* 2008;118:346-54.
22. O'Donovan G, Kearney EM, Nevill AM, Woolf-May K, Bird SR. The effects of 24 weeks of moderate- or high-intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol* 2005;95:522-8.
23. Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, Cerin E, Shaw JE, Zimmet PZ, Owen N. Objectively measured light-intensity physical activity is independently associated with 2-h plasma glucose. *Diabetes Care* 2007;30:1384-9.