

운동의 생리와 관련된 혈당의 변화

서울아산병원 스포츠건강의학센터

이 혜 영

Blood Glucose Variation Related to Exercise Physiology

Hye young Lee

ASAN Medical Center Sports & Health Medicine Center, Seoul, Korea

Abstract

Exercise has been important intervention in the diabetes mellitus (DM) management. The goal of exercise intervention has been to control blood glucose as well as improvement of insulin sensitivity and prevention of DM complication. Blood glucose consumption status may be changed according to exercise intensity, duration, patient condition. Therefore, exercise should be recommended to patients with predicted blood glucose control. The quantity of exercise and intensity would be determined through trial and error since the physical variations such as current condition, fitness level, exercising habit and so on differ person to person. Knowing the different blood glucose control during exercise between DM patient and normal person may increase the quality of patient education. (**Korean Clinical Diabetes J 11:49-51, 2010**)

Keywords: Blood glucose control, Exercise intervention, Insulin sensitivity

운동은 오랫동안 당뇨병 관리에 있어서 아주 중요한 치료방법으로 자리해 왔다. 운동의 효과는 혈당의 조절뿐만 아니라, 인슐린의 민감도를 개선시키고, 당뇨로 인한 2차적인 합병증을 개선하기 위한 목적으로 사용되어져 왔다. 여기에서는 정상인과 당뇨병환자의 운동에 대한 혈당의 조절 기전에 어떠한 차이가 있는지를 알아보고 운동으로 일어날 수 있는 신체의 변화에 대해 좀 더 자세한 정보를 제공하려고 한다. 이러한 지식 습득을 통해 당뇨병환자의 운동교육에 대한 질을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

운동 중 글루코스의 대사 조절

운동 중에는 높은 에너지 요구량으로 인해 안정 시 보다 훨씬 더 많은 양의 글루코스가 근육으로 제공되어야 한다. 인체 내의 글루코스는 글리코겐의 형태로 주로 간과 근육에 저장되어 있다. 글루코스는 저장된 상태에서 떨어져 나와야지만 연료로서 사용될 수 있으므로 운동 중에는 글리코겐의 분해가 증가되어 사용 가능한 혈중 글루코스의 농도를 높여 준다. 이렇게 간에서 분리된 글루코스는 혈액 속으로 들어

간 다음 인체의 각 부분으로 순환되어 활동 중인 조직으로 공급된다. 혈중 글루코스의 수준은 글리코겐 분해뿐만 아니라 글루코스신생합성(글리코겐 분해가 아닌 다른 에너지원을 통해 글루코스를 합성하는 과정)과정을 통해서도 증가될 수 있는데, 정상인과 당뇨병환자에서의 운동 중 글루코스 조절의 차이를 살펴보면 운동 중 혈중 글루코스의 변화는 당뇨병인과 정상인에서 모두 유사할 수 있다. 하지만 당뇨병환자는 혈중 글루코스의 수준을 유지하기 위해서 간의 글리코겐을 분해하기 보다는 글루코스 신생합성에 더 의존하는 경향이 있다. 따라서 운동 중에는 당뇨병환자에게서 글루코스의 생성이 더 많고 글루코스 제거는 더 적어지게 될 수 있다.

운동 중 혈중 글루코스 농도를 증가시키는 호르몬의 역할

운동 동안의 혈중 글루코스 농도는 근육의 글루코스 흡수와 간으로부터의 글루코스 방출 사이의 균형에 의해 좌우

된다. 휴식 상태에서, 글루코스의 방출은 간 글리코겐의 분해와 아미노산으로부터의 글루코스 형성을 촉진시키는 글루카곤에 의해 증가된다. 운동 동안에는 글루카곤의 분비가 증가한다. 즉, 운동 중에 많은 글루코스를 필요로 하기 때문에 글루카곤의 분비를 통해 혈중 글루코스의 농도를 증가시키는 것이다. 또한 근육 활동은 부신 수질로부터의 카테콜라민 분비 속도를 증가시키는데 이러한 호르몬들(에피네프린과 노르에피네프린)은 글루카곤과 함께 글리코겐 분해를 더욱 가속시킨다. 코티졸 수준 또한 운동 중 증가하는데, 코티졸은 단백질 분해를 증가시킴으로서 분리된 아미노산이 간에서 글루코스신생합성에 사용되도록 해준다. 그러므로 이러한 4가지 호르몬은 모두 글리코겐분해와 글루코스신생합성 과정을 촉진시킴으로서 혈중 글루코스의 양을 증가시키게 된다. 그 밖에도, 성장호르몬은 유리지방산의 동원을 증가시키고 세포의 글루코스 흡수를 감소시켜 보다 적은 양의 글루코스가 세포에 의해 사용되도록 만든다.

운동 강도와 운동 지속시간에 따른 혈당 변화

간에 의해 방출되는 글루코스의 양은 운동의 강도와 지속시간에 따라 달라진다. 운동 강도가 증가하면 카테콜라민의 분비 속도 또한 증가한다. 그 결과 활동적인 근육에 의해 섭취되는 것보다 더 많은 양의 글루코스가 간에서 분비되도록 만든다.

운동의 강도가 높을수록 카테콜라민의 분비 또한 증가하며 따라서 글리코겐 분해의 속도가 크게 증가된다. 이러한 과정은 간에서 뿐만 아니라 근육에서도 일어난다. 간으로부터 방출된 글루코스는 혈액 속으로 들어가서 근육이 사용할 수 있도록 제공된다. 하지만 근육은 보다 사용이 용이한 글루코스 공급원을 가지고 있는데(근육 자체에 저장되어 있는 글리코겐), 짧은 시간의 강도 높은 운동 동안 근육은 혈장 글루코스를 사용하기 전에 자신의 저장된 글리코겐을 연료로 사용한다. 간으로부터 방출된 글루코스는 그리 쉽사리 사용되지 않으므로 혈액 속에 남아 있게 되며 따라서 혈중 글루코스 수준은 상승하게 된다. 운동 후, 고갈된 근육 글리코겐 저장량을 재보충 하기 위해서 글루코스가 근육 속으로 들어감에 따라 혈중 글루코스 수준은 감소하게 된다.

이러한 과정을 살펴볼 때 간혹 당뇨병환자가 운동 후에 운동 전보다 혈당이 올라간 상태가 되는 경우를 설명할 수 있다. 즉, 당뇨병환자가 지나치게 높은 강도로 운동했을 경우 만들어진 글루코스에 비해 사용된 글루코스가 적게 되면 운동 전보다 운동 후 혈당이 올라간 상태로 나타날 수 있는 것이다. 하지만 운동 후시간이 흐름에 따라 글리코겐 합성

과정에 의해서 다시 혈중 글루코스의 농도는 낮아지게 된다.

3~4시간 지속되는 운동 동안에는 간의 글루코스 방출 속도가 근육의 필요량과 비슷해지기 때문에 혈중 글루코스 수준은 휴식 때와 유사하거나 또는 그보다 약간 높은 수준에서 유지된다. 근육의 글루코스 흡수가 증가하면 간의 글루코스 방출 속도 또한 증가하게 된다. 대부분의 경우, 간의 글리코겐 저장량이 고갈되기 시작하는 신체활동의 중반부에 이를 때까지 혈중 글루코스 수준의 감소는 시작되지 않지만 글리코겐 저장량이 고갈되는 시기가 되면 글루카곤 수준이 눈에 띄게 증가하게 되고 글루카곤은 코티졸과 함께 글루코스 신생합성을 증가시켜 더 많은 연료를 제공하게 된다.

근육에서 글루코스를 흡수하는 기전

단지 많은 양의 글루코스가 혈액 속으로 방출된다고 해서 근수축의 에너지 요구량을 충족시킬 수 있는 충분한 양의 글루코스를 근육세포가 사용할 수 있는 것은 아니다. 글루코스가 이러한 세포들에게 운반되어야 할 뿐만 아니라 세포들에 의해 흡수되어야만 한다. 이 같은 역할은 인슐린에 의해서 이루어지는데, 일단 글루코스가 근육으로 운반되면, 인슐린이 근섬유 내부로 글루코스 이동을 촉진시킨다.

그러나, 오랜 시간의 최대하 운동(submax exercise) 동안 혈장 인슐린 수준은 혈장 글루코스 농도의 증가와 근육에 의한 글루코스 흡수의 증가에도 불구하고 감소하는 경향이 있다. 이러한 경우, 인슐린에 대한 세포의 민감도는 혈액 속에서 순환되고 있는 호르몬의 양 만큼이나 중요하다. 운동은 인슐린과 근섬유 수용기의 결합을 촉진시키는데, 이러한 기전에 대해서는 아직까지 완전하게 이해되고 있지 않지만, 근수축은 수용기를 동원하는데 있어 인슐린과 비슷한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 있다. 즉, 더 많은 수용기가 세포에 나타나며, 그러한 수용기의 활성이 증가되므로 세포막을 거쳐서 글루코스를 세포 내부로 이동하는데 필요한 혈중 인슐린의 요구량을 감소시키게 되는 것이다.

근육에는 GLUT-1과 GLUT-4라고 불리우는 두 가지 형태의 글루코스 운반 단백질(Glucose transporter proteins)이 존재한다. 인슐린은 근육세포의 안쪽에서부터 바깥쪽 막으로까지 GLUT-4가 자리이동을 하게 함으로서 근육 세포 내로 글루코스 운반을 증가시키도록 한다. 당뇨병환자에서는 GLUT-4의 자리이동을 방해하는 세포내 신호체계가 붕괴된 것으로 생각되고 있고, 트레이닝이 GLUT-4 글루코스 운반자의 수와 활성을 증가시킴으로서 이러한 과정에 효과가 있는 것으로 생각된다.

요약하면, 운동 중 인슐린의 분비량은 감소하지만 세포의 인슐린민감도가 증가하게 되고 근수축 작용이 인슐린과 같은 작용을 하기 때문에 혈중 글루코스를 사용하여 에너지를 충족하게 된다. 인슐린의 민감도가 떨어져 있는 당뇨병 환자의 경우, 근수축 작용에 의한 글루코스 흡수 효과는 혈중 글루코스의 사용을 높이는데 일조하게 된다. 다시 말해, 트레이닝을 통해 인슐린의 민감도가 개선되면 운동으로 인해 글루코스의 조절능력이 향상되게 되는 것이다.

결 론

상기에 언급한 바와 같이 운동 중 혈당의 변화는 정상인에서의 반응과는 차이가 있다. 당뇨병 환자는 운동요법뿐만 아니라 약물과 식이요법이 함께 적용되어 관리되는 대상이다. 운동의 단기적 효과는 혈당을 소비시키는 목적이 있지만 운동 강도, 지속시간, 환자의 상태에 따라 혈당의 소비 형태는 달라질 수 있고, 장기적으로는 인슐린의 민감도를 개선시키는 효과가 있어 환자에 따라 약물의 복용량을 감소시킬 수도 있다. 따라서 운동은 혈중 글루코스가 예측할 수 있는 상태로 조절될 때 실행되어야 하며 조절되지 않은 당뇨병 환자에게는 권장되지 않는다. 개개인 마다 현재의 질병

상태, 체력 수준, 운동 습관 등이 다양하기 때문에 운동을 어느 정도의 양과 강도로 수행해야 하는지는 시행착오를 거쳐 해결되어야 할 문제이다.

참 고 문 헌

1. 강희성, 김기진, 김태운, 김형묵, 장경태, 전종귀, 조현철 공역. 운동생리학. 초판. 서울: 대한미디어; 1997. p150-2.
2. Brooks G, Fahey T, White T. Exercise physiology : human bioenergetics and its applications. 2th ed. Mountain View, California: Mayfield publishing company; 1996. p540-3.
3. Goodyear LJ, Kahn BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. Annu Rev Med 1998;49:235-61.
4. Hawley JA. Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. Diabetes Metab Res Rev 2004;20:383-93.
5. Praet SF, van Loon LJ. Exercise therapy in type 2 diabetes. Acta Diabetol 2009;46:263-78.