

## 트레드밀 운동이 SD계 흰 쥐의 혈당수준에 미치는 단기간의 효과

김동대<sup>1</sup> · 권원안<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>극동정보대학 물리치료과

### The Short Period Effects of Treadmill Exercise on Glucose Levels in SD Rats

Dong-Dae Kim<sup>1</sup> · Won-An Kwon<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Physical Therapy, Keukdong College

#### ABSTRACT

**Purpose:** Hyperglycemia is associated with an risk of cardiovascular disease, mortality, diabetes mellitus and musculoskeletal disorders. The purpose of this study was to analyse the effect of two different treadmill exercise on blood levels of glucose in SD rats. **Methods:** The experimental groups were divided into 2 groups. The exercise was performed in the treadmill for 20minutes with 15m/min(group I, n=20) and 25m/min(group II, n=20) Blood samples were collected before exercise, 6day and 12days after treadmill exercise. **Results:** A significant difference was only at 12days on independent samples t-test for both groups. There were statistically significant difference between pre and 6days, 6days and 12days, pre and 12days on tests of pairwise comparisons for each groups. Both group were showed linear effects following treadmill exercise in 12days. **Conclusion:** These results suggest that a trend toward decrease in the levels of glucose, following treadmill exercise, were revealed in both group. Aerobic exercise related to a positive effect in control of glucose level.

**Key words :** Hyperglycemia, Diabetes mellitus, Glucose, Aerobic exercise, Treadmill exercise

교신저자: 권원안

주소: 369-703 충북 음성군 감곡면 단평리 154-1 TEL: 043-879-3437, 휴대전화: 010-2220-6006, E-mail: gokwa@hanmail.net

## I . 서론

유산소 운동(aerobic exercise)은 저강도 지구성 운동과 같이 근육의 활동 시 유산소 에너지체계의 의하여 에너지를 주로 공급받는 운동을 말한다. 이와 관련된 에너지체계는 인원질체계, 무산소 해당체계 및 유산

소체계가 있다. 이 중에서 당원(glycogen)의 한 종류인 글루코스(glucose)는 포도당 또는 혈당이며, 혈당(당원)은 무산소 해당체계와 유산소체계 모두에서 에너지원으로 사용된다(구희서 등, 2009; 최대혁 등, 2008; 강순희 등, 2005).

혈당(glucose)은 ATP생성의 주 연료이며 혈액 속에

일정한 수치를 유지하지만, 고혈당일 경우 과량의 혈당은 당원 형태로 간과 근육에 저장되고, 고혈당이 지속될 경우 지방으로 전환되어 피하지방조직에 저장된다(이강이 등, 2009). 하지만 혈당이 높아지는 고혈당(hyperglycemia)은 심혈관 질환과 사망에 대한 위험을 증가시키고(Rajala와 Koskela, 2001), 몇몇 근골격계 질환과 관련이 있다(Arkkila와 Gautier, 2003). 국내의 한 지역사회를 대상으로 유병률을 연구한 김영일 등(1998)은 당뇨병이 7.1%, 내당능장애가 8.5%로 나타났다고 보고하였다.

당뇨병(Diabetes mellitus)은 인슐린 분비, 인슐린 작용 또는 이 두 가지의 결함에 의해 발생하는 만성 고혈당이 특징인 다병인의 대사성 질환으로 기술된다(WHO, 1999). 이런 당뇨병 초기의 특징적인 증상으로는 다뇨(polyuria), 다음다갈증(polydipsia), 식욕항진(polyphagia), 체중감소를 들 수 있다. 임상적인 증상으로는 요를 통한 당의 배설(glucosuria), 고혈당(hyperglycemia), 내당능 검사의 이상(abnormal glucose tolerance test), 무력증(asthenia) 등이 있다. 진단은 정맥혈의 혈장 포도당 농도를 기준으로 이루어지고, 학회마다 차이가 있지만 일반적으로 공복 시에 성인의 정상 혈장 포도당 농도는 보통 100mg/dl 이하이나 당뇨 시에는 126mg/dl 이상이다(장나영, 2009; 김영표와 이계영, 1999).

40세 이상의 성인에서 당뇨병의 유병률이 7.1%로 보고되고 있고, 시간에 따라 당뇨로 인한 사망률이 증가하고 있어 세심한 주의와 관리가 필요하며 예방 서비스도 강화되어야 한다(김종명 등, 2006). 그리고 운동은 다이어트와 체중감소와는 관계없이 당뇨병의 예방과 치료를 위한 수많은 이득이 있으며 심호흡계의 건강과 신체의 구성을 개선시킨다(Ciangura, 2010).

따라서 본 연구는 운동으로 인해 일어나는 혈당의 영향에 대한 연구를 위하여 SD계 수컷 흰쥐를 대상으로 속도가 다른 트레드밀 운동을 실시하고, 운동 직전, 운동 6일 후, 운동 12일 후에 혈당의 변화를 알아보는 것이 의의가 있다고 사료되어 본 연구를 착수하게 되었다.

## II. 연구방법

### 1. 실험동물

본 연구는 (주)샘타코 바이오 코리아사로부터 8주령의 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 50마리를 4주일간 사육하였다. 사육장은 33cm×27cm×23cm의 크기에 2마리씩 배정하였으며, 온도는 20.0±2.0℃, 상대습도는 50±10%로 조절하였다. 명암주기(light/dark cycle)는 12시간 간격으로 유지하였으며, 물과 사료는 자유롭게 섭취하도록 하였다.

### 2. 실험방법

실험대상 동물은 4주일간의 사육을 마치고 혈당이 100이상인 40마리를 선별하여 20마리씩 무작위로 나누었다. 그룹 I (n=20)은 트레드밀 경사도 0°에서 3일마다 15m/min의 속도로 20분간 운동을 시켰고, 그룹 II (n=20)는 트레드밀 경사도 0°에서 3일마다 25m/min의 속도로 20분간 운동을 시켰다. 운동 장치는 12cm의 레인 폭과 55cm의 레인 길이로 제작된 틀이 장착된 트레드밀을 사용하였으며, 끝 부분에 침을 부착하여 비운동성을 방지하였다. 혈당의 측정은 운동 전, 운동 6일 후, 운동 12일 후에 각각 혈액을 채취하여 Accutrend Plus(Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 자료분석

본 실험에서 얻어진 자료를 SPSS 12.0을 이용하여 측정 변인의 평균 및 표준편차를 산출하였다. 각각의 그룹 간 비교를 위하여 t-test를 실시하였고, 운동기간에 따른 혈당량의 변화를 알아보기 위해서는 repeated measures ANOVA와 paired t-test를 실시하였다. 모든 통계량의 유의수준은 p<0.05로 하였다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 운동기간에 따른 그룹-간 혈당량의 변화

속도가 다른 트레드밀 운동의 기간에 따른 그룹-간 혈당량의 변화를 비교를 위한 독립표본 t-test에서 그룹 I 과 II 를 비교한 결과, 운동전에 각각의 평균 및 표준편차는 145.85±10.70mg/dl와 146.10±11.94mg/dl로 나타났고, 유의확률은 0.47로 나타나 차이가 없었다 (p<0.05). 운동 6일 후에 각각의 평균 및 표준편차는 120.70±11.05mg/dl와 115.70±12.07mg/dl로 나타났고, 유의확률은 0.09로 나타나 유의한 차이가 없었다 (p<0.05). 그러나 운동 12일 후에 각각의 평균 및 편차는 113.15±10.78mg/dl와 107.20±9.76mg/dl로 나타났고, 유의확률이 0.03으로 나타나 두 그룹간의 통계학적인 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 1, p<0.05).

Table 1. Comparison on glucose level following exercise periods between group

Period	Group I	Group II	p
	M ± SD		
pre	145.85±10.70	146.10±11.94	0.47
6day	120.70±11.05	115.70±12.07	0.09
12day	113.15±10.78	107.20±9.76	0.03*

unit: mg/dl

#### 2. 운동기간에 따른 그룹-내 혈당량의 변화

그룹I과 그룹II에서 치료기간에 따른 그룹-내 효과를 비교분석하기 위하여 일요인 반복측정 분산분석을 실시하였다. 그룹 I에서 일변량과 다변량 분석 중 어떤 방법이 적합한가를 보기위하여 구형성 검정을 실시한 결과, 유의확률 p가 0.456으로 나타나 유의수준 0.05보다 크다. 그러므로 구형성가정이 성립되어 일변량 분석방법을 선택하였다. 그리고 그룹 II에서도 유의확률 p가 0.137으로 나타나 유의수준 0.05보다 커서 구형성가정이 성립되었으므로 일변량 분석방법을 선택하였다(Table 2, p<0.05).

Table 2. Mauchly's test of sphericity on each group

Group	Mauchly's W	Chi-square	df	p	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
I	0.92	1.57	2	0.456	0.92	1.00	0.50
II	0.80	3.97	2	0.137	0.84	0.91	0.50

택하였다(Table 2, p<0.05).

그룹-내 효과를 보기 위한 일변량 검정을 실시한 결과, 그룹 I에서 검정통계량 255.71, 유의확률 p=0.000으로 나타나 반복측정에 따른 혈당량의 차이가 있는 것으로 나타났다. 그리고 group II에서 검정통계량 184.19, 유의확률 p=0.000으로 나타나 반복측정에 따른 혈당량 수준의 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3, p<0.05).

Table 3. Tests of within-subjects effects on each group

Group	Source	Type III SS	df	Ms	F	p
I	Period	11725.43	2	5862.72	255.71	0.000
	Error	871.23	38	22.93		
II	Period	16730.80	2	8365.40	184.19	0.000
	Error	1725.87	38	45.42		

그룹 I의 운동기간에 따른 대응별 비교에서 평균의 차이가 운동전과 6일에 25.15mg/dl, 6일 후와 12일 후에 7.55mg/dl 그리고 운동 전과 12일 후에 32.70mg/dl으로 나타나, 운동전과 6일 후에 가장 두드러진 변화를 보이는 것으로 나타났다. 혈당량의 변화에 대한 통계학적 의미를 보기위한 유의확률을 보면, 운동전과 6일 후에 0.00, 6일 후와 12일 후에 0.00 그리고 운동 전과 12일 후에 0.00으로 나타나 모든 기간에서 유의한 의미가 있는 것으로 나타났다(표 4, p<0.05).

그룹 II의 운동기간에 따른 대응별 비교에서 평균의 차이가 운동전과 6일 후에 30.40mg/dl, 6일 후와 12일 후에 8.50mg/dl 그리고 운동 전과 12일 후에 38.90mg/dl으로 나타나, 운동전과 운동 6일 후에 가장 두드러진 혈당량의 변화를 보이는 것으로 나타났다. 혈당량

의 변화에 대한 통계학적 의미를 보기위한 유의확률을 보면, 운동전과 6일 후에 0.00, 6일 후와 12일 후에 0.00 그리고 운동 전과 12일 후에 0.00으로 나타나 모든 기간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 4,  $p < 0.05$ ).

Table 4. Tests of pairwise comparisons following exercise periods on each group

Group	Paired period	Mean difference	Std. error	p	95% confidence interval of the difference	
					Lower	Upper
I	pre 6	25.15	1.35	0.00*	22.32	27.98
	1 12	7.55	1.71	0.00*	3.96	11.14
	pre 12	32.70	1.45	0.00*	29.66	35.74
II	pre 6	30.40	2.27	0.00*	25.66	35.14
	6 12	8.50	1.60	0.00*	5.14	11.86
	pre 12	38.90	2.43	0.00*	33.81	44.00

반복측정에 따른 혈당의 변화에 보기 위한 그룹-내 대비검정을 보면, 그룹 I에서 검정통계량이 505.26, 유의확률이 0.000으로 나타나 선형의 추세가 분명하게 나타났고, 2차형은 검정통계량이 41.82, 유의확률이 0.000으로 나타나 약간의 곡선효과가 있음을 알 수 있었다. 그룹 II에서 선형의 추세는 검정통계량 255.81, 유의확률 0.000으로 분명하게 나타났지만 그룹 I보다는 적었고, 2차형은 검정통계량 50.46, 유의확률 0.000으로 약간의 곡선효과가 나타남을 볼 수 있었다(Table 5,  $p < 0.05$ ).

Table 5. Tests of within-subjects contrasts on each groups

Group	Source	Type III SS	df	Ms	F	p
I	linear	10692.90	1	10692.90	505.26	0.000
	quadratic	1032.53	1	1032.53	41.82	0.000
II	linear	15132.10	1	15132.10	255.81	0.000
	quadratic	1598.70	1	1598.70	50.46	0.000

#### IV. 고찰

윤재석 등(2005)은 7주령의 SD계열 흰쥐에게 저장

도 트레드밀운동을 경사도 0%에서 5m/min 속도로 사용하였고, 고강도 운동은 18m/min 속도를 사용하였다. 하지만, 쥐에서 강도의 분류를 정하기엔 자료 및 근거가 부족하다고 할 수 있다. 따라서 본 실험은 예비실험을 통하여 20분간 원만한 운동을 수행할 수 있는 범위가 25m/min로 밝혀져 기준을 정하였으며 이것보다 속도가 느린 15m/min을 대조그룹으로 정하여 운동 강도가 분류되도록 시도하였다

SD계 흰쥐를 대상으로 연구한 김세종 등(2003)은 주당 5회, 25분씩, 15m/min의 속도로 4주간의 트레드밀 운동을 적용할 때 정상적인 그룹은 90-105mg/dl가 유지된다고 하였다. 하지만 본 연구에서는 주당 2회, 20분씩, 15m/min과 25m/min의 속도로 12일간 적용한 결과, 각각  $113.15 \pm 10.78 \text{mg/dl}$ 와  $107.20 \pm 9.76 \text{mg/dl}$ 로 나타났다. 이것은 운동이 지속됨에 따라 145-146mg/dl 수준의 혈당이 110mg/dl 전후의 혈당수준으로 감소한다는 것을 의미한다. 그리고 II형 당뇨병환자에 대한 운동의 효과를 연구한 황애란 등(2001)은 계획된 운동을 통해 공복 시 혈당이 188.20mg/dl에서 155.55mg/dl로 감소하였다고 보고하였다. 이것은 운동 후에 근육에서 인슐린의 활동이 증가하여 혈당의 이동과 글리코겐의 합성(glycogen synthesis)이 이루어지기 때문이다(Wojtaszewski 등, 2002; Wojtaszewski 등, 2000). 또한 유산소운동인 지구성 운동은 각각의 근섬유에 분포하는 모세혈관의 수를 늘려 혈류량을 증가시킨다. 즉 증가된 모세혈관으로 인해 혈액과 활동근육 사이의 에너지원 교환이 활성화된다고 할 수 있다(구희서 등, 2009).

써킷 웨이트 트레이닝을 이용한 김영표와 이계영(1999)의 연구에서 운동 강도가 증가할수록 혈당 및 젖산의 농도가 증가하고, 회복 30분경에 도달하면 이들의 농도가 상당히 감소한다고 보고하였다. 하지만 이것은 혈당농도가 80mg/dl 수준에서 이루어진 것으로 본 연구와는 혈당수준에서 많은 차이가 있다(김영표와 이계영, 1999).

운동속도가 다른 두 그룹에서 높은 혈당의 수준이 시간에 따라 유의하게 감소한다는 사실은 운동과 같은 신체적 활동은 고혈당과 같은 당뇨병환을 개선시

킬 수 있음을 의미한다(최대혁 등, 2008).

본 연구에서 흥미로운 사실은 운동 전에 140mg/dl 수준의 혈당이 운동 6일 만에 110-120mg/dl 대로 감소되어 심하지 않은 고혈당에 운동의 효과가 빠르게 나타난다는 사실이다. 반대로 활동이 제한된 공간에서 사육되는 쥐는 비활동으로 인해 혈당이 상승한다는 것을 볼 수 있다. 이러한 비활동은 관상동맥과 관련된 질환에 위험요인 및 인자에서 가장 높은 비율을 차지하고 있다(최대혁 등, 2008).

개발도상국과 선진국에서 당뇨병환자에 대한 분포는 1995년에 각각 3.3%와 6.0%이었고, 2025년엔 4.9%와 7.6%로 증가할 것이라 하였다(Nakano와 Ito, 2007). 하지만 당뇨병 환자 관리에 대한 여러 연구 자료는 존재하나 예방서비스 제공의 측면에서 연구된 자료 또한 부족한 실정이다(김종명 등, 2006). 따라서 당뇨병환자에 대한 예방교육 및 관리가 필요하고, 적절한 교육은 당뇨병환자에서 삶의 질과 대사조절능력을 향상시키고, 당뇨와 관련된 합병증의 위험을 줄일 수 있다(Tankova 등, 2001). 여기에는 달리기와 같은 유산소운동도 포함되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 SD계 수컷 흰쥐를 대상으로 속도가 다른 운동을 주 2회 실시하고, 운동 전, 운동 6일 후, 운동 12일 후에 혈액을 분석하여 혈당의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 그룹간의 비교에서 혈당량의 차이는 25m/sec의 운동속도 그룹에서 12일 후에 유의한 차이를 보였다.

둘째, 기간에 따른 혈당량의 변화는 두 그룹 모두 유의한 차이를 보였다.

셋째, 운동으로 인한 단기간의 혈당량의 변화는 두 그룹에서 선형의 효과로 나타났다.

위의 결과들은 운동속도가 다르더라도 단기간에 고혈당의 긍정적 변화에 영향을 미치는 것으로 보이며, 속도가 상대적으로 더 빠른 그룹 II에서 시간이 지남

에 따라 혈당량의 정상화에 더 빠른 접근을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 적절한 유산소 운동은 비활동으로 기인한 고혈당을 막아 당뇨병의 위험요소를 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 강순희, 강점덕, 김근조, 김명진, 김상수, 김종만, 등. 운동치료 총론. 서울시: 도서출판 영문출판사;2005.p.155-177.
- 구희서, 김상수, 김선엽, 김성중, 김지혁, 김희권, 등. 운동치료학 I. 경기도: 도서출판 하늘뜨락;2009.p.377-420.
- 김세중, 서혜림, 고정림, 염종우, 예정복, 이선주, 등. 저강도 treadmill 운동이 streptozotocin 유도 당뇨병 쥐의 혈당, 인슐린 및 지질 농도에 미치는 영향. 생활과학회지 2004;14(2):245-251.
- 김영일, 최철수, 김상욱, 이종수, 김형호, 이무송, 등. 정읍지역 주민에서 당뇨병 및 내당능장애의 유병률. 당뇨병 1998;22(3):363-371.
- 김영표, 이계영. 씨키트 웨이트 트레이닝 운동강도가 혈중 젖산, 글루코스 및 운동자각도에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지 1999;17(1):65-74.
- 김종명, 김혜경, 김영식. 가정의학과 당뇨병 환자에 제공된 치료 및 예방서비스 양상. 가정의학회지 2006;27:982-987.
- 윤재석, 서태범, 김종오, 정일규, 박성태, 지용석, 남궁욱, 윤진환, 이희혁. 트레드밀 운동이 좌골손상 흰쥐에서 기능적 회복과 슈완세포 생성에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지 2005;23(3):300-305.
- 이강이, 김동운, 김순이, 이순희, 이승아, 정명실 외. 인체생리학. 서울시: 현문사;2009.p.402-444.
- 장나영. 농촌 노인 당뇨병환자에 대한 복약지도의 필요성[석사학위논문]. 영남대학교; 2009.
- 최대혁, 최희남, 전태원. 파워 운동생리학. 서울시: 라이프사이언스;2008.p.31-47.

- 황애란, 유지수, 김춘자. 계획된 운동프로그램이 제 2형 당뇨병 환자의 대사 심폐기능 및 운동이행에 미치는 영향. 한국간호과학회지(구-대한간호학회지) 2001;31(1):20-30.
- Arkkila PE, Gautier JF. Musculoskeletal disorders in diabetes mellitus: an update. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2003;17(6):945-970.
- Ciangura C. Physical activity in type 2 diabetes. *Rev Prat.* 2010;60(4):490-494.
- Nakano T, Ito H. Epidemiology of diabetes mellitus in old age in Japan. *Diabetes Res Clin Pract.* 2007;77(1):76-81.
- Rajala U, Koskela P, Keinänen-Kiukaanniemi S. Hyperglycemia as a risk factor of mortality in a middle-aged Finnish population. *J Clin Epidemiol.* 2001;54(5):470-474.
- Tankova T, Dakovska G, Koev D. Education of diabetic patients-a one year experience. *Patient Educ Couns.* 2001;43(2):139-345.
- Wojtaszewski JF, Hansen BF, Gade, Kiens B, Markuns JF et al. Insulin signaling and insulin sensitivity after exercise in human skeletal muscle. *Diabetes.* 2000;49(3):325-331.
- Wojtaszewski JF, Nielsen JN, Richter EA. Invited review: effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans. *J Appl Physiol.* 2002;93(1):384-392.
- World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Report of a WHO consultation, Geneva: WHO, 1999.

논문투고일: 2010. 10. 29

최종수정일: 2010. 12. 10

논문개제일: 2010. 12. 20

---