

## 12주간의 유산소운동과 통근수단 전환이 중년 남성의 체력, 인슐린 저항성, 염증지표 및 간기능에 미치는 영향

허다솜 · 김예영 · 정원상 · 이만균\* (경희대학교)

선진 외국에서는 통근수단으로서 자가용 대신 대중교통을 이용함으로써 부가적으로 발생하는 신체활동이 건강수준에 미치는 효과를 밝히는 연구가 활발하게 이루어졌으나 국내의 관련 연구는 미흡한 실정이다. 이 연구의 목적은 12주간의 유산소운동과 대중교통으로의 통근수단 전환이 중년 남성의 체력, 인슐린 저항성, 염증지표 및 간기능에 미치는 영향을 규명하는 것이었다. 이 연구의 대상자는 최근 5년 이상 지속적으로 자가용을 이용해 온 체질량지수  $25\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  이상의 30~50대의 사무직 중년 남성 44명이었다. 이들을 자가용을 계속 이용하면서 유산소운동을 실시한 운동집단( $n=14$ ), 자가용 이용을 중단하고 대중교통으로 전환한 전환집단( $n=15$ ), 그리고 자가용을 계속 이용하면서 특별한 처치 없이 기존의 생활 패턴을 유지한 통제집단( $n=15$ )에 무선 할당하였다. 운동집단은 주 3회, 일일 30분의 유산소운동을 실시하였고, 전환집단은 통근수단을 대중교통으로 전환하여 주 5회, 일일 최소 20분의 보행을 유도하였다. 처치 전·후에 체력, 인슐린 저항성, 염증지표, 그리고 간기능과 관련된 변인을 측정 후 반복 이원변량분석을 이용하여 집단 간, 그리고 검사 간에 비교하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 1) 체력과 관련된 모든 변인이 운동집단에서 유의하게 향상되었고, 전환집단의 경우 오른손 악력, 제자리멀리뛰기, 사이드스텝, 그리고 앉아윗몸앞으로굽히기가 유의하게 향상되었다. 2) 인슐린 저항성과 관련된 모든 변인에서 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았으나, 운동집단과 전환집단에서 개선되는 경향이 나타났다. 3) 염증지표와 관련하여 운동집단과 전환집단에서 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소되었으며, IL-6와 CRP가 개선되는 경향이 나타났다. 4) 간기능과 관련하여 전환집단에서 ALT가 유의하게 감소되었다. 이상의 결과를 종합해 보면, 12주간의 유산소운동이 체력과 염증지표 및 인슐린 저항성의 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 아울러 통근수단을 자가용에서 대중교통으로 전환한 것만으로도 유산소운동 못지 않게 체력, 염증지표, 인슐린 저항성, 그리고 간기능에 긍정적인 영향을 미친 것을 알 수 있다. 시간이 부족하여 운동 참여가 줄어드는 현대인에게 있어서 대중교통으로 통근수단을 전환하는 시도는 일상생활에서 자연스럽게 신체활동량을 증가시키고 건강수준을 개선하는 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 유산소운동, 통근수단, 체력, 인슐린 저항성, 염증지표, 간기능

### 서 론

우리나라의 자가용 수는 2014년 2월을 기준으로 1,953만대를 기록하고 있다(국토교통부, 2014). 이는

10가구 중 9가구 이상이 자가용을 가지고 있다는 것으로서 자가용 대중화 시대로 진입했다는 것을 의미한다. 또한, 대한민국의 1일 평균 자가용 운행거리는 59.2 km로 OECD 가입국 중 1위를 차지하여(문진수, 김현, 2012) 우리나라 국민이 매우 높은 수준으로 자가용 의존적인 생활을 하고 있다는 것을 알 수 있다.

자가용 의존과 건강의 상관관계를 이해하는 가장 중요한 핵심은 자가용 이용에 의하여 신체활동량이 감소된

논문 투고일: 2014. 12. 05.

논문 수정일: 2014. 12. 26.

게재 확정일: 2015. 02. 02.

\* 저자 연락처: 이만균(mlee@khu.ac.kr)

다는 점이다. 신체활동량은 에너지 소비를 좌우하는 가장 중요한 요소이며, 개인의 건강수준을 나타내는 중요한 건강지표로 활용되고 있다(Centers for Disease Control and Prevention Vital Signs, 2012). 미국 대학스포츠의학회(American College of Sports Medicine: ACSM, 2009)는 최소한의 신체활동량을 충족시키지 못하면 심혈관 질환, 만성 질환, 그리고 근골격계 질환의 위험도가 높아진다고 보고하였다.

최근 바쁜 현대사회에서 대중교통 이용을 통하여 신체활동량을 증가시키는 행동수정요법은 특별한 비용, 시간, 그리고 기술의 필요 없이 하루 권장 신체활동량을 얻을 수 있으며, 건강 유지에 도움이 된다고 보고되었다(Besser & Dannenberg, 2005). 실제로 걷거나 자전거로 통근하는 사람들의 대다수가 건강을 위한 주당 권장 운동량을 충족할 수 있을 만큼의 신체활동을 하고 있다고 보고되었으며(Brockman & Fox, 2011), 이미 많은 전문가들이 대중교통의 이용이 공중보건을 긍정적으로 변화시키기에 가장 실용적인 방법 중 하나라고 주장하였다(World Health Organization: WHO, 1999). 대중교통의 이용과 건강 증진에 관한 선행연구로 MacDonald et al.(2010)은 미국 North Carolina주에 있는 도시인 Charlotte 지역의 경전철 개통 전·후 지역주민의 신체구성을 분석하였다. 그 결과 경전철 개통에 따라 체질량지수(body mass index: BMI)가 감소하였고, 비만이 될 확률이 81% 감소한 것으로 나타났다. Hoehner et al.(2012) 역시 비만, 고혈압, 그리고 당뇨병 개선에 대중교통의 이용이 긍정적 영향을 미쳤다고 주장하였다.

대중교통의 이용이 건강 증진에 효과적인 이유는 이동 시에 필연적으로 발생하는 보행활동이 신체활동량을 증가시키기 때문이다. Morency et al.(2011)에 따르면 출발지에서 정류장까지, 환승 시, 그리고 정류장에서 목적지까지 이동하면서 동반되는 보행활동이 신체활동량을 증가시킨다고 보고하였다. 대중교통의 이용을 의도적으로 유도한 김상훈(2009)의 연구 결과 통근 시의 보행수가 ACSM 기준 일일 권장량인 3,000보를 상회하는 수준으로 증가된 것으로 나타났다. 이와 같이 대중교통 이용 중에 자연스럽게 발생하는 보행은 신체활동량을 효과적으로 증가시키며, 중·고강도 운동 못지않은 효과를

갖는 것으로 보고되었다(성현곤, 2009). 또한 체력적 부담과 시간적인 제약 없이 신체활동량을 증가시킬 수 있다는 점 때문에, 시간에 쫓겨 운동시간을 내기 어려운 사람들에게 효과적인 방법이다(김종원 등, 2013). 따라서 대중교통을 이용하는 것은 그 자체의 의미보다 과정에서 발생하는 보행활동에 더 가치가 있다.

보행과 관련된 선행연구를 살펴보면, 보행활동의 증가는 비만, 고혈압, 그리고 당뇨병 등의 만성 질환 개선에 긍정적인 영향을 미친다고 보고되었다(Steele, 2010). 당뇨병의 관리방법으로서 환자의 상태를 호전시키고 체력을 증가시키는 운동이 권장되고 있으며(Nishida et al., 2001), 미국당뇨병학회는 제2형 당뇨병 환자의 경우, 주당 3~5일의 유산소 운동을 통하여 700~2,000 kcal의 에너지를 소모해야 한다고 구체적인 지침을 제시하였다(American Diabetes Association: ADA, 2012). 일종의 유산소 운동인 보행은 당뇨병 환자가 무리 없이 수행할 수 있다는 점에서 매우 현실적인 운동이며, 제시된 주당 에너지 소모량을 달성하기에 적합한 형태를 띠고 있다. 손태서 등(2007)은 제2형 당뇨병 환자에게 알맞은 운동거리와 시간에 관한 연구 결과, 주당 700 kcal를 소모할 수 있는 운동의 양으로 남성의 경우 보통 걸음으로 최소 25분/일로 2,500보, 그리고 여성의 경우 30분/일로 3,000보의 보행을 권장하였다.

보행활동은 염증수준도 경감시키는 것으로 알려졌다. 염증수준은 비만에 기인하여 대사성 질환이 유발되는 과정에서 높아지며(Hamer & Stamatakis, 2008), 전염증성 인자인 interleukin-6(IL-6)와 tumor necrosis factor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), 그리고 미세 염증반응 표시 단백질인 C-reactive protein(CRP) 등에 의하여 진단된다. 일반적으로 비만인의 TNF- $\alpha$ 와 CRP 농도는 정상인에 비하여 높으며(Dandona et al., 1988), CRP와 체지방률은 유의한 정적 상관관계를 나타낸다(Marcell et al., 2005). 보행과 염증수준 관련 연구를 살펴보면, 조완주 등(2011)은 점증적인 보행활동을 주 3일씩 12주간 실시한 결과, 비만 중년 여성의 전염증성 인자가 효과적으로 감소되었으며, 항염증성 인자는 증가된 것으로 나타났다. 아울러 이신호 등(2011)의 연구에서도 규칙적인 보행 활동이 TNF- $\alpha$ 를 유의하게 감소시킨 것으로 보고되었다. 이와 같은 연구 결과가 나타난 것은 염증관

런 인자들이 지방세포 내에서 분비되기 때문에 걷기운동을 통하여 비만상태가 개선되면서 염증수준이 낮아진 것으로 사료된다.

한편, 간기능은 주로 여러 가지 방법 중 아미노전이효소로 알려진 AST(aspartate transaminase) 수치와 ALT(alanine transaminase) 수치로 평가된다. 일반적으로 AST가 상승된 경우, 만성적인 알코올 섭취에 의한 간질환을 의심할 수 있다(고문수, 2009).  $\gamma$ -GT(glutamyl transferase)는 세포 내 항산화작용에 중요한 역할을 하는 효소로서 간세포 손상을 유발하는 인자들에 의해 증가되며(최희정 등, 2007; Whitfield, 2001), 간세포의 산화적 스트레스 증가상태를 판단하는 지표로 사용된다. ALT와  $\gamma$ -GT가 상승된 경우는 대부분 비만에 의해 발생하는 지방간과 연관이 있으므로, 이 효소들의 수치를 효과적으로 감소시키기 위해서는 BMI를 정상으로 유지하는 노력이 필요하다(하영애, 2000). 전술한 바와 같이 보행활동이 비만도를 낮출 것으로 판단되는 바, 간기능에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대되지만 다양한 유형의 신체활동이 간기능에 미치는 영향을 규명한 연구는 매우 제한적인 실정이다.

전술한 내용을 종합해보면, 바쁜 현대인의 건강 증진 방법 중 하나로서 대중교통을 이용함으로써 신체활동량을 증가시키는 행동수정요법이 매우 효과적일 가능성이 크지만, 그 실제 효과를 밝힌 국내 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 12주간 통근수단을 자가용에서 대중교통으로 전환시켜 증가되는 신체활동이 체력, 인슐린 저항성, 염증지표, 그리고 간기능에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 특히, 이 영향을 자가용을 계속 이용하면서 12주간 일반적인 유산소운동을 실시한 처치의 영향과 비교함으로써 통근수단 전환의 효과를 알아보고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상자

이 연구의 대상자는 30~50대의 사무직 중년 남성

44명이었다. 대상자의 선발 기준은 최근 5년 이상 지속적으로 자가용을 이용하여 출·퇴근해온 자, 체질량지수  $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  이상의 과체중자, 최근 6개월 이내 규칙적인 운동 경험이 없는 자, 정신적·신체적으로 건강하고 과거 병력이 없는 자, 그리고 현재 의학적인 약물을 복용하지 않는 자로 하였다.

선정한 대상자를 1) 자가용을 계속 이용하면서 일반적인 유산소 운동을 수행한 운동집단에 14명, 2) 자가용 이용을 중단하고 대중교통으로 전환한 전환집단에 15명, 그리고 3) 자가용을 계속 이용하면서 특별한 처치 없이 기존의 생활 패턴을 유지한 통제집단에 15명씩 무선 할당하였다. 각 집단 내 대상자의 수는 통계적인 파워 테스트를 통하여 결정하였다. 사전검사 실시애 앞서 오리엔테이션을 통하여 연구절차와 목적을 설명하고 연구에 자발적으로 참여하고자 하는 대상자로부터 검사동의서를 받은 후 연구에 참여하도록 하였다. 사전검사는 처치 시작 하루 전에 실시하였고, 사후검사는 각 처치 종료 후 48시간 시점에 실시하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <표 1>에 제시된 바와 같다.

표 1. 연구 대상자의 신체적 특성 (Mean±SD)

변인	운동집단 (n=14)	전환집단 (n=15)	통제집단 (n=15)	P
연령(세)	38.29±7.27	35.07±7.136	40.40±10.58	.236
신장(cm)	175.96±5.41	175.97±5.69	173.52±5.68	.397
체중(kg)	81.73±8.67	78.89±11.20	76.01±10.49	.534
BMI( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	26.39±2.50	25.41±2.80	25.24±2.39	.559

### 측정 항목 및 변인

#### 1. 체격

신장은 수동식 일반 신장계(Samhwa, 한국)로 측정하였고, 체중은 전자식 지시저울(CAS-150kg, DW-150, 한국)로 측정하였다. BMI는 체중(kg)을 신장의 제곱( $\text{m}^2$ )으로 나누어 계산하였다.

#### 2. 체력

좌·우측 악력은 악력계(TKK 5001, Takei, 일본)로 측정하였고, 사이드스텝 검사는 중앙선을 중심으로 120

cm 간격을 두고 실시하였다. 이에 더하여 제자리멀리뛰기, 눈감고외발서기, 앉아윗몸앞으로굽히기, 그리고 윗몸일으키기를 실시하였다.

### 3. 혈액 채취 및 분석

연구 대상자가 12시간 이상 공복 상태로 실험 당일 오전 8시 경에 검사실에 도착하여 30분간 안정을 취하도록 하였다. 상완 주정맥(antecubital vein)에서 1회 용 주사기를 이용하여 10 ml의 혈액을 채혈하여 plain tube에 담아 30분 이상 실온에 둔 후 3,000 rpm으로 10분 동안 원심분리시킨 다음 혈청을 분리하여 (주)N의료재단에 분석을 의뢰하였다. 이 연구에서 분석한 혈액변인은 인슐린 저항성과 관련하여 HbA1c, 글루코스, 그리고 인슐린이었고, HOMA-IR(homeostasis model assessment of insulin resistance)은 다음의 계산식으로 산출하였다(Matthews et al., 1985).

◆  $HOMA-IR = \frac{[글루코스(mmol \cdot L^{-1}) \times 인슐린(\mu IU \cdot mL^{-1})]}{22.5}$

염증지표와 관련하여 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 CRP를, 그리고 간기능과 관련하여 AST, ALT 및  $\gamma$ -GT를 분석하였다.

### 4. 일일 보행수

일일 보행수는 Lifecorder(Kenz, 일본)로 측정하였으며, 대상자의 오른쪽 허리 부위(배꼽과 옆구리선의 중앙)에 착용하도록 하였다. Lifecorder의 데이터 수집을 위하여 착용을 시작한 날을 제외하고 이후 5일간의 보행수를 측정하였으며, 수면과 샤워 시간에는 착용을 하지 않도록 하였다.

## 유산소운동 프로그램과 통근수단 전환 방법

### 1. 운동집단

운동 프로그램의 효과를 관찰하기 위하여 ACSM(2009)의 가이드라인을 적용하였다. 총 12주의 처치기간 중, 초기 단계인 1~4주와 향상 단계인 5~12주로 구분하여 트레드밀을 이용한 걷기와 달리기를 실시하였다. 그리고 운동빈도, 운동강도, 그리고 운동시간은 점증적으로 적용하였다. 이 연구에서 실시한 운동 프로그램의 구성은 <표 2>와 같다.

표 2. 운동 프로그램의 구성

프로그램 단계	주 차	운동빈도 (회)	운동강도 (%HRR)	운동시간 (분)
초기 단계	1	3	40~50	15~20
	2	3	40~50	20~25
	3	3	50~60	20~25
	4	3	50~60	25~30
향상 단계	5~7	3	60~70	25~30
	8~10	3	60~70	30~35
	11~12	3	65~75	30~35

### 2. 전환집단

통근수단으로서 자가용을 이용해 온 대상자에게 대중교통으로 전환시키기 위하여 김상훈(2009)의 연구를 참고하였다. 12주의 처치 기간 동안 각 대상자에게 매주 일마다 교통카드를 지급하여 대중교통을 이용하도록 하였고, 교통카드 홈페이지를 통해 이용 내역을 확인하였다. 만약 출발지에서 역까지, 그리고 역에서 목적지까지의 거리가 가까워 보행량이 충분치 않은 경우 추가적으로 걷도록 하여 통근 과정에서 하루 최소 20분의 보행을 유도하였다. 월요일 출근부터 금요일 퇴근까지 총 10회에 걸쳐 대중교통을 이용하도록 하였으며, 주말에는 자가용 이용이 가능하도록 하였다.

### 3. 통제집단

동일한 처치 기간 동안 자가용을 계속 이용하면서 특별한 처치 없이 평소의 신체활동 습관, 식사 습관, 그리고 수면 패턴을 유지하도록 하였다.

## 식사 통제

12주간의 처치기간 동안 섭취하는 식사의 양을 일정하게 통제하기 위하여 4주간의 식이기록을 통하여 영양소섭취량을 파악한 후, 12주간 식사 통제하였다<표 3>.

표 3. 일일 평균 에너지섭취량 (Mean±SD)

집단	4주	8주	12주	p
운동	1603.85±358.13	1660.13±331.57	1603.58±449.31	집단 .612
전환	1586.26±244.03	1543.58±303.93	1607.26±397.11	검사 .298
통제	1722.88±278.58	1639.96±227.21	1637.43±251.38	집단·검사 .741



**자료처리 방법**

이 연구에서 얻은 자료를 SPSS PC<sup>+</sup>(version 21.0)로 분석하였다. 각 집단에서 얻은 종속변인의 기술 통계량을 평균(mean)과 표준편차(standard deviation of mean: SD)로 제시하였다. 세 집단 간, 그리고 두 검사 간 종속변인의 차이를 반복 이원변량분석(repeated measures two-way ANOVA)으로 검증하였다. 주효과 또는 상호작용이 유의한 경우, 동일검사 내 세 집단 간 차이는 일원변량분석(one-way ANOVA)으로, 그리고 동일 집단 내 두 검사 간 차이는 종속 t-검증(paired t-test)으로 분석하였다. 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

**연구 결과**

**체력**

체력변인 모두에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나 검사의 주효과가 유의하게 나타났다. 오른손 악력, 제자리멀리뛰기, 사이드스텝, 그리고 앉아윗몸앞으로굽히기는 두 처치집단 모두에서 유의하게 향상되었으며, 특히 제자리멀리뛰기와 앉아윗몸앞으로굽히기는 두 처치집단에서 유사한 수준으로( $p < .01$ ) 향상되었다. 왼손 악력, 눈감고외발서기, 그리고 윗몸일으키기는 운동집단에서만 유의하게 향상되었다(표 4).

**인슐린 저항성지표**

인슐린 저항성과 관련된 모든 변인에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 운동집단의 HOMA-IR이 22.68% 감소되었고 집단과 검사의 상호작용이 유의한 수준에 가까워( $p = .125$ ) 인슐린 저항성이 개선되는 경향을 보였다(표 5).

표 4. 체력의 변화 (Mean±SD)

변인	집단	사전	사후	$\Delta\%$	p	
오른손 악력 (kg)	운동	44.23±6.19	47.28±7.31	6.90	***	집단 .709 검사 .000 집단×검사 .107 +++
	전환	42.85±6.40	45.89±6.76	7.08	**	
	통제	43.48±8.03	43.97±6.65	1.13		
왼손 악력 (kg)	운동	46.65±7.56	49.31±7.05	5.70	**	집단 .393 검사 .001 집단×검사 .376 ++
	전환	45.72±6.20	47.82±6.13	4.59		
	통제	44.25±6.66	45.13±6.79	1.99		
제자리멀리뛰기 (cm)	운동	194.44±22.01	207.52±22.20	6.73	**	집단 .896 검사 .000 집단×검사 .133 +++
	전환	193.88±20.67	201.41±21.98	3.89	**	
	통제	197.33±16.90	200.18±18.86	1.45		
오른발 눈감고외발서기 (초)	운동	25.62±20.38	36.24±23.62	41.44	**	집단 .485 검사 .008 집단×검사 .170 ++
	전환	26.06±20.02	35.60±36.33	36.62		
	통제	22.18±15.43	22.44±20.09	1.20		
왼발 눈감고외발서기 (초)	운동	23.91±21.47	35.62±31.17	48.98	**	집단 .762 검사 .007 집단×검사 .191 ++
	전환	24.06±15.32	34.07±37.82	41.62		
	통제	23.46±18.06	24.05±23.32	2.51		
사이드스텝 (회)	운동	30.00±4.51	33.57±3.72	11.90	***	집단 .195 검사 .000 집단×검사 .121 +++
	전환	32.47±4.47	35.40±4.63	9.03	*	
	통제	31.27±3.47	32.20±3.69	2.99		
앉아윗몸앞으로 굽히기 (cm)	운동	7.81±8.99	10.19±8.79	30.35	**	집단 .827 검사 .002 집단×검사 .355 ++
	전환	8.99±6.02	12.63±6.07	40.50	**	
	통제	10.11±11.03	11.23±11.71	11.07		
윗몸일으키기 (회)	운동	19.29±3.56	21.79±3.02	12.96	**	집단 .829 검사 .041 집단×검사 .496 +
	전환	18.73±5.35	20.40±5.40	8.90		
	통제	19.87±7.26	20.27±2.99	2.01		

\* $P < .05$ , \*\* $P < .01$ , \*\*\* $P < .001$ : 집단 내 검사 간의 유의한 차이. + $P < .05$ , ++ $P < .01$ , +++ $P < .001$ : 유의한 주효과 또는 상호작용.

표 5. 인슐린 저항성지표의 변화

(Mean±SD)

변인	집단	사전	사후	Δ%		p
HbA1c (%)	운동	5.39±0.34	5.26±0.34	-2.25	집단	.422
	전환	5.17±0.56	5.09±0.59	-1.55	검사	.068
	통계	5.29±0.34	5.29±0.41	0.00	집단×검사	.381
공복 혈당 (mg·dl <sup>-1</sup> )	운동	98.64±9.48	96.6±9.61	-2.03	집단	.747
	전환	95.80±11.51	94.5±10.79	-1.39	검사	.622
	통계	94.93±10.24	96.2±12.93	1.33	집단×검사	.599
공복 인슐린 (μIU·ml <sup>-1</sup> )	운동	9.55±5.06	7.60±2.43	-20.42	집단	.506
	전환	7.45±4.57	6.76±2.20	-9.22	검사	.098
	통계	7.55±3.99	7.71±3.48	2.03	집단×검사	.226
HOMA-IR	운동	2.35±1.28	1.82±0.63	-22.68	집단	.426
	전환	1.74±1.01	1.59±0.55	-8.37	검사	.106
	통계	1.80±1.05	1.89±1.03	4.73	집단×검사	.125

표 6. 염증지표의 변화

(Mean±SD)

변인	집단	사전	사후	Δ%		p	
Interleukin-6 (mg·dl <sup>-1</sup> )	운동	0.76±0.60	0.67±0.63	-12.04	집단	.710	
	전환	0.88±0.34	0.84±0.51	-4.83	검사	.494	
	통계	0.77±0.38	0.78±0.49	1.47	집단×검사	.781	
TNF-α (pg·ml <sup>-1</sup> )	운동	2.13±0.96	1.43±0.73	-32.56	**	집단	.666
	전환	1.92±0.89	1.41±0.68	-26.62	*	검사	.001
	통계	1.97±1.00	1.89±1.06	-4.02		집단×검사	.129
CRP (mg·dl <sup>-1</sup> )	운동	0.94±0.77	0.79±0.60	-15.27		집단	.547
	전환	0.89±0.87	0.75±0.71	-15.67		검사	.237
	통계	0.65±0.47	0.61±0.62	-7.14		집단×검사	.887

\*P&lt;.05, \*\*P&lt;.01: 집단 내 검사 간의 유의한 차이. ++P&lt;.01: 유의한 주효과 또는 상호작용.

표 7. 간기능의 변화

(Mean±SD)

변인	집단	사전	사후	Δ%		p	
AST (μ·l <sup>-1</sup> )	운동	23.8±7.0	20.6±3.3	-13.21		집단	.103
	전환	23.2±6.3	20.1±4.3	-13.53		검사	.011
	통계	25.9±6.6	24.6±6.0	-4.90		집단×검사	.643
ALT (μ·l <sup>-1</sup> )	운동	26.9±13.5	24.4±10.4	-9.28		집단	.797
	전환	24.7±10.3	21.6±9.7	-12.44	*	검사	.048
	통계	25.2±10.5	25.1±11.6	-0.26		집단×검사	.371
γ-GT (μ·l <sup>-1</sup> )	운동	27.4±12.9	27.0±11.5	-1.56		집단	.619
	전환	30.7±14.0	29.6±18.3	-3.48		검사	.877
	통계	31.9±15.0	32.5±16.2	2.09		집단×검사	.920

AST: aspartate transaminase; ALT: alanine transaminase; γ-GT: glutamyl transferase

\*P&lt;.05: 집단 내 검사 간의 유의한 차이. +P&lt;.05: 유의한 주효과 또는 상호작용.

표 8. 일일 보행수의 변화

(Mean±SD)

변인	집단	4주	8주	12주		p
일일 보행수(회)	운동	5216.96±2031.97 <sup>a</sup>	5825.55±1418.36 <sup>a</sup>	6101.18±1833.93 <sup>a</sup>	집단	.003
	전환	7426.24±2383.18 <sup>b</sup>	8766.41±1821.13 <sup>b</sup>	7714.36±3259.65 <sup>a</sup>	검사	.141
	통계	4917.19±3407.81 <sup>a</sup>	5473.77±2656.62 <sup>a</sup>	4787.15±4214.35 <sup>b</sup>	집단×검사	.670

++p&lt;.01: 유의한 주효과 또는 상호작용. a, b, c: 다른 알파벳은 시기 내 집단 간에 유의한 차이가 있음을 의미..

## 염증지표

염증지표와 관련된 모든 변인에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았다. TNF- $\alpha$ 의 경우 검사의 주효과가 유의하게 나타났으며, 운동집단( $p < .01$ )과 전환집단( $p < .05$ ) 모두에서 유의하게 감소되었다. CRP는 운동집단(-15.27%)과 전환집단(-15.67%)에서 비슷한 수준으로 감소되었다(표 6).

## 간기능

간기능과 관련된 모든 변인에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, AST와 ALT에서 검사의 주효과가 나타났다. ALT의 경우 전환집단에서만 유의하게 감소된 것으로 나타났다. AST의 경우 통계적으로 유의하지는 않았으나, 운동집단과 전환집단이 각각 13.21%, 13.53% 감소되었다(표 7).

## 일일 보행수

일일 보행수에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나 집단의 주효과가 유의하게 나타났다. 전환집단의 보행수가 다른 두 집단보다 유의하게 높았으며, 일일 평균 약 3,000보 더 걷는 것으로 나타났다.

# 논 의

## 체력의 변화

이 연구에서 운동집단의 경우 12주간의 처치에 따라 오른손 악력( $p < .001$ ), 왼손 악력( $p < .01$ ), 제자리멀리뛰기( $p < .01$ ), 오른발 눈감고외발서기( $p < .01$ ), 왼발 눈감고외발서기( $p < .01$ ), 사이드스텝( $p < .001$ ), 앉아윗몸앞으로굽히기( $p < .01$ ), 그리고 윗몸일으키기( $p < .01$ )가 유의하게 향상된 것으로 나타났다. Teoman et al.(2004)은 폐경기 여성을 대상으로 6주간 중강도 유산소운동을 실시한 결과 근지구력, 유연성, 민첩성, 그리고 평형성이 유의하게 증가되었다고 보고하였고, 백승욱 등(2007)은 중년 여성을 대상으로 12주간의 저강도

유산소운동을 실시한 결과 근지구력과 유연성이 유의하게 증가되었다고 보고하여 이 연구의 체력 결과와 일치하였다. 또한 폐경기 여성을 대상으로 24주간 70~80% HRR 강도로 유산소운동을 실시한 Karacan (2010)의 연구에서도 근지구력, 근력, 그리고 유연성이 유의하게 증가되어 이 연구의 결과와 일치하였다. 다양한 기간에 걸쳐 실시한 유산소운동이 체력의 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 이 연구에서 12주간 실시한 중강도의 유산소운동 역시 중년 남성의 체력 향상에 효과적이었다.

이 연구에서 전환집단의 경우 12주간의 통근수단 전환에 따라 오른손 악력( $p < .01$ ), 제자리멀리뛰기( $p < .01$ ), 사이드스텝( $p < .05$ ), 그리고 앉아윗몸앞으로굽히기( $p < .01$ )가 유의하게 향상되었다. 이는 통근수단을 자가용에서 대중교통으로 전환시킨 결과 보행활동량이 증가되어 나타난 결과라고 사료된다(표 8). 대중교통을 이용하는 과정에서 역 또는 정류장으로 걷는 활동, 역 내에서의 이동, 그리고 계단 이용 등을 통하여 신체활동이 증가되고, 서있는 동작을 통하여 에너지 소비량도 증가된다. 그 결과 유산소운동 못지않게 체력의 향상을 가져온 것으로 해석할 수 있다. 이 연구는 통근수단을 대중교통으로 전환한 결과 근력과 유연성이 증가되었다고 보고한 김상훈(2009)의 연구 결과와 일치한다. Simons & Andel(2006)은 보행활동을 통하여 근력, 민첩성, 평형성, 그리고 유연성이 유의하게 향상되었다고 보고하였고, 김종경 등(2010)은 고도 비만 여성을 대상으로 12주간의 걷기운동을 실시한 결과 악력, 근지구력, 그리고 유연성이 유의하게 증가되었다고 보고하였으며, Purath et al.(2013)은 노인을 대상으로 24주간의 보행활동 처치 결과 근지구력과 평형성이 유의하게 증가되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 유사하였다. 이와 관련하여 Morency et al.(2011)은 대중교통을 이용하는 과정 중에 역 또는 정류장으로 걷는 활동, 역 내에서의 이동, 그리고 계단 이용 등을 통하여 신체활동량이 필연적으로 증가한다고 보고하였으며, Morris & Handman(1997)은 걷기를 통하여 체간의 유연성이 향상될 수 있다고 보고하였다. 따라서 대중교통 이용 시 발생하는 다양한 신체활동의 패턴에 의하여 유산소운동 못지 않은 체력의 향상이 나타난 것으로 해석할 수 있다.

이와 같이 통근수단을 대중교통으로 전환하는 방법은 신체활동을 자연스럽게 증가시키는 유력한 행동수정요법이 될 수 있으며, 근력, 순발력, 민첩성, 그리고 유연성의 향상에 효과적인 것으로 판단된다. 이와 같은 해석은 하루 3,000보 이상의 추가적인 보행이 체력에 긍정적인 영향을 미친다고 보고한 Villanueva et al.(2008)의 연구 결과에 의해서도 뒷받침된다. 신체활동량이 부족하고 바쁜 생활을 영위하는 사무직 중년 남성에게 있어서 통근수단을 자가용에서 대중교통으로 전환시키는 시도는 따로 운동을 위한 시간을 낼 필요 없이 체력 향상에 도움이 된다는 점에서 큰 의미가 있다고 판단된다.

한편, 임길병 등(2009)은 8주간의 통근수단 전환으로 인하여 유연성은 유의하게 향상되었지만, 근력과 순발력은 변화가 없었고 평형성은 오히려 감소되어 이 연구의 결과와 상이한 결과가 도출되었다. 다른 결과가 나타난 이유는 임길병 등(2009)의 연구에서는 적용한 8주간의 처치 기간이 다소 짧았기 때문이라고 사료된다. 향후 통근수단 전환의 다양한 처치 기간이 체력 수준에 미치는 영향을 규명하는 후속 연구가 요청된다.

### 인슐린 저항성지표의 변화

인슐린 저항성은 심혈관 질환 위험인자의 증가와 고혈압, 당뇨병, 그리고 지질대사이상 등과 같은 대사성 질환의 발병과 연관이 있으며, 이를 증가시키는 요인으로는 고포화지방산 식사, 운동 부족, 그리고 좌식생활로 인한 신체활동량 감소 등이 있다(Karstoft et al., 2013). 인슐린 저항성을 예방하는 처치로서 규칙적인 운동뿐만 아니라 행동수정을 통한 신체활동량의 증가도 효과적이라고 보고되었으며(Giannopoulou et al., 2005), 특히 지방과 당대사를 촉진하여 인슐린 민감도를 증가시키는 유산소운동은 인슐린 저항성지표의 개선에 가장 효과적인 것으로 검증되었다.

이 연구의 결과를 살펴보면, 운동집단과 전환집단 모두 HbA1c(-2.25%, -1.55%)와 공복 혈당(-2.03%, -1.39%)에서는 큰 변화가 없었지만, 통계적으로 유의한 변화는 아니었음에도 불구하고 공복 인슐린(-20.42%, -9.22%)과 HOMA-IR(-22.68%, -8.37%)이 뚜렷하게 감소되는 경향을 보였다. 정현령 등(2012)은 비만

여성을 대상으로 일일 60분, 주 6회, 12주간의 중강도 걷기운동을 실시한 결과 글루코스, 인슐린, 그리고 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다고 보고하였고, 이성수와 소용석(2013)은 비만 청소년을 대상으로 중강도의 유산소운동을 일일 40분, 주 5회, 12주간 실시한 결과 글루코스, 인슐린, 그리고 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 유사하였다. 이 연구에서 운동집단과 전환집단의 공복 인슐린이 감소되었음에도 불구하고 공복 혈당이 비슷한 수준으로 유지된 것을 보았을 때, 유산소운동은 물론 통근수단을 대중교통으로 전환한 처치도 인슐린 민감도(insulin sensitivity)를 향상시킬 가능성이 큰 것으로 보인다. 물론 이 연구에서 통계적으로 유의한 변화가 나타난 것은 아니지만 변화의 방향성이 뚜렷하게 나타난 것을 고려할 때, 인슐린 저항성이 악화되어 있는 당뇨병 환자를 대상으로 연구를 실시한다면 통근수단의 전환으로 인한 신체활동의 증가만으로도 인슐린 저항성의 개선을 기대할 수 있을 것이다.

남성을 대상으로 인슐린 저항성의 변화를 규명한 연구들을 살펴보면 Ahmadizad et al.(2007)은 고강도의 유산소운동을 일일 30분, 주 3회, 12주간 실시한 결과 인슐린 저항성지표인 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 반면, 이한(2011)은 중강도 걷기운동을 일일 40분, 주 4회, 8주간 실시한 결과 HOMA-IR이 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다고 보고하였고, 김태운과 강현식(2009)의 연구에서도 좌식행동을 수정하는 행동수정요법을 4주간 실시한 결과 HOMA-IR이 통계적으로 유의하게 변하지 않은 것으로 나타났다. 전술한 선행연구를 살펴보면, 이 연구에서 처치한 유산소운동과 통근수단 전환은 비만 성인 남성의 인슐린 저항성을 변화시키기에 운동강도가 다소 낮은 것으로 판단된다. 그러나 당뇨병 환자를 대상으로 중강도 유산소운동을 일일 40분, 주 3회, 12주간 실시한 Tomar et al.(2013)의 연구 결과 HbA1c와 글루코스가 유의하게 감소한 것으로 나타났으며, 뇌졸중 환자를 대상으로 저강도 유산소운동을 일일 40분, 주 5회, 6주간 실시한 Wang et al.(2014)의 연구 결과에서도 글루코스, 인슐린, 그리고 HOMA-IR이 유의하게 감소된 것으로 볼 때, 이 연구에서 적용한 운동 강도를 일반 성



인 남성이 아닌 질환자에게 적용한다면 인슐린 저항성의 개선을 기대할 수도 있을 것이다.

이상에서 전술한 내용을 종합해 보면, 운동강도, 운동 시간, 그리고 운동 빈도에 따라서 인슐린 저항성지표가 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이 연구에서도 인슐린 저항성지표가 감소되는 경향을 보였지만 유의한 변화가 나타나지 않은 것은 사무직 남성이 실시한 유산소 운동의 운동빈도(3회)가 적거나 운동 시간(30분)이 다소 짧았을 것이라는 점 등에 일부 기인하는 것으로 판단된다. 또한 통근수단 전환으로는 인슐린 저항성지표의 개선에 다소 한계가 있을 것으로 사료되며, 향후 통근수단의 전환이 인슐린 저항성지표에 긍정적인 효과를 나타내는지 여부를 파악하기 위해서는 처치 기간, 빈도, 강도, 그리고 대상자의 특성을 고려한 다양한 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 염증지표의 변화

지방조직은 염증에 민감한 사이토카인인 TNF- $\alpha$ 를 생산하고, TNF- $\alpha$ 는 염증반응에 관여하는 IL-6를 자극하여 급성 감염성인 CRP의 증가를 유발하기 때문에 (Libardi et al., 2012), 이 3가지의 염증지표는 상호간에 밀접하게 연관되어 있다(Baumann & Gaudies, 1994). 염증 반응은 지방세포에 의하여 나타나기 때문에 신체활동량의 감소와 같은 부정적인 요인은 비만을 더욱 심화시키고 염증 상태를 유발하는 원인으로 작용한다(Gregor & Hotamisligil, 2011). 염증 반응을 경감시키는 방법은 규칙적인 운동과 신체활동을 통한 체중의 감소이며, 체중이 감소되면 혈장과 지방조직에서의 염증 수준이 저하되어 만성 질환의 발병 위험성을 낮출 수 있는 것으로 보고되었다(de Gonzalo-Calvo et al., 2012).

이 연구에서는 신체활동량의 감소로 비만에 노출되어 있는 과체중 중년 남성을 대상으로 유산소운동과 통근수단 전환을 실시한 결과 운동집단( $p < .01$ )과 전환집단( $p < .05$ )에서 TNF- $\alpha$ 만 유의하게 감소되었고, IL-6와 CRP의 경우 운동집단과 전환집단 모두에서 유의한 변화가 나타나지 않았다.

유산소운동과 염증 지표의 변화에 대한 연구들을 살

펴보면, Hamedinia et al.(2009)는 비만 남성을 대상으로 일일 60분, 주 3회, 13주간의 고강도 유산소운동을 시킨 결과, 그리고 이채산 등(2009)은 비만 여성을 대상으로 일일 50분, 주 5회, 16주간의 중강도 유산소운동을 실시한 결과 모두 CRP가 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 전술한 선행연구들은 이 연구에서 수행한 운동에 비하여 강도가 더 높거나, 운동지속 시간이 상대적으로 길었기 때문에 통계적으로 유의한 변화를 얻어냈다고 사료된다. 강동하 등(2011)은 비만 남학생을 대상으로 일일 40분, 주 3회, 12주간의 중강도 유산소운동을 실시한 결과 CRP에서 유의한 변화가 나타나지 않은 반면, TNF- $\alpha$ 와 IL-6만 유의한 감소되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 유사하였다. 이 연구에서 CRP의 유의한 변화가 나타나지는 않았지만 감소되는 경향을 보인 점을 비추어볼 때 운동강도, 시간, 그리고 빈도에 따라서 CRP의 개선 효과가 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 한편, 이 연구에서 각 처치에 의하여 CRP의 유의한 변화가 나타나지 않은 다른 이유는 대상자들의 CRP 수준이 정상 범위 안에 있었기 때문이라고 일부 해석할 수 있다. 강서정과 김광준(2006)은 주 3회, 3년 이상 유산소운동을 실시한 경력이 있는 여성을 대상으로 염증지표를 분석한 결과 CRP와 IL-6 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 이는 대상자의 CRP 수준이 정상 범위(0.0~5.2 mg/l)에 있었기 때문이라고 보고하여 이와 같은 해석을 뒷받침한다.

신체활동량과 염증 지표의 변화에 대한 연구들을 살펴보면, Colbert et al.(2004)은 체계화 된 중고강도 운동이 아닌 걷기와 같은 저강도의 신체활동 수준을 높은 것만으로도 염증관련 인자가 감소되었다고 보고하였다. 또한 비만과 정상 청소년을 대상으로 신체활동량의 증가와 식이요법, 행동수정요법 처치를 1년간 실시한 Roth et al.(2011)의 연구 결과 정상 청소년은 유의한 변화가 나타나지 않았지만 비만 청소년의 경우 TNF- $\alpha$  수준이 유의하게 감소된 것으로 나타나 이 연구 결과와 일치하였다. 또한 Beavers et al.(2010)은 12개월간 일상생활 중 걷기와 같은 신체활동을 증가시키는 행동수정요법을 실시한 결과 IL-6는 유의하게 감소되었지만 TNF- $\alpha$ 는 유의하게 변화되지 않았다는 다소 상이한 결과를 도출하였다. 이와 같이 신체활동과 염증지표의 관

계를 규명하는 여러 선행연구에서는 일관된 결과가 나오지 않고 있는 실정이며, 이는 염증지표가 처치 기간과 신체활동의 강도 등 다양한 요인으로부터 영향을 받기 때문이라고 사료된다. 처치 기간과 관련하여, 걷기와 같은 신체활동을 2년간 실시한 Esposito et al.(2003)의 연구에 따르면 장기간의 신체활동량의 증가가 IL-6의 수준을 낮추는 것으로 보아 행동수정을 통한 신체활동량의 증가가 낮은 강도로 단기간에 이루어진다면 염증지표의 유의한 감소를 보기 어려울 것으로 판단되며, 장기간의 처치가 이루어진다면 통계적으로 유의한 변화를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

이상에서 전술한 내용을 종합해 보면, 대상자의 특성, 운동강도, 운동시간, 그리고 운동빈도에 따라서 염증지표가 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이 연구에서 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소된 반면 CRP와 IL-6에서는 통계적으로 유의한 변화 없이 감소되는 경향만 나타났다. 이와 같은 이유는 주로 비만인을 대상으로 한 선행연구들에 비하여 이 연구에서는 비만인이 아닌 과체중자를 대상으로 선정하였기 때문인 것으로 사료된다. 또한 이 연구의 두 처치집단 모두 통계적으로 유의한 변화를 이끌어 낼 만큼의 강도와 수준에 미치지 못한 것으로 사료된다. 따라서 유산소운동과 행동수정요법 두 가지 모두 장기간의 처치나 높은 수준으로 수행된다면 염증지표에 긍정적인 변화를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## 간기능의 변화

간기능의 지표 중 AST는 심장, 간, 골격, 그리고 혈구 내에 주로 존재하며, 이 효소 수치의 증가는 간세포의 손상과 관련이 있다(West et al., 2006). ALT는 심장이나 간에 이상이 있을 때 혈액 중에서 다량 검출되어 조직의 이상을 진단할 때 임상적으로 매우 중요한 효소이다(Ryder & Beckingham, 2001).  $\gamma$ -GT는 세포 외막에 있는 효소로서 세포 내 항산화작용에 중요한 역할을 하며, 특히 간에 많이 분포하여 간세포에 손상을 주는 인자들에 의해 증가한다(Messier et al., 2010). 이와 같은 간기능관련 지표는 과체중, 비만, 약물, 그리고 음주로 인하여 간에 염증이 생기거나 간세포가 파괴될 경우 증가하며, 간기능을 손상시켜 만성 간질환을 유발시킬 수 있다(Liu et al., 2014). 뿐만 아니라 간에

서의 지방 축적은 복부 비만, 고혈압, 제2형 당뇨병, 지질대사이상 등 심혈관 질환의 위험요인과의 관련성 또한 제시된 바 있다(Younossi et al., 2013). 간기능과 관련된 위험요인을 해결하기 위해 올바른 식이요법, 운동, 그리고 규칙적인 신체활동이 강조되고 있다(Kistler et al., 2011).

유산소운동과 간기능지표의 관계를 규명한 연구를 살펴보면, Baba et al.(2006)은 중강도의 유산소운동을 일일 45분, 주 5회, 20주간 실시한 결과 운동집단에서 AST와 ALT가 유의하게 감소되었고, 최필병과 지용석(2011)은 중강도 유산소운동을 일일 30~45분, 빈도별 주3회, 6회, 12회를 24주간 실시한 결과 AST와 ALT가 유의하게 감소되었다고 보고하였다. Fraser et al.(2008)은 최소 30분의 유산소운동을 주 3회, 12개월 실시한 결과 6개월 시점에서 AST와 ALT가 유의하게 감소되었고, 12개월 시점에서는 6개월 시점보다 더 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 유산소운동을 실시한 12주의 처치 기간을 간기능의 유의한 변화를 유도하기에 다소 짧았을 것으로 판단되는 바, 보다 장기간의 운동 처치를 실시하는 후속 연구가 요청된다.

한편, 이 연구의 전환집단에서 ALT가 유의하게 감소된 것으로 나타났다. 이는 운동집단에 비하여 보행수가 더 증가된 것에 일부 기인하며(표 8 참조), 일상생활 중에 자연스럽게 발생한 보행활동이 스트레스를 줄이며 주 3회 실시하는 유산소운동에 비하여 간기능의 개선에 더 효과적인 것으로 해석할 수 있다. 이와 같이 이 연구에 참여한 대상자는 모두 사무직이며 업무로 인한 스트레스가 높을 것으로 예상되는 중년 남성이기 때문에 이들의 간기능 수치를 경감하는 방법으로는 걷기 활동으로 인한 신체활동 증가가 더욱 효과적인 것으로 판단된다. Promrat et al.(2010)은 12개월간 하루에 10,000보 걷기를 실시한 결과 ALT와 AST에서 유의하게 감소되었다고 보고하여 간기능의 개선에 대한 걷기의 효과를 입증한 바 있다.

## 결론

이 연구의 목적은 12주간의 유산소운동과 통근수단

전환이 중년남성의 체력, 인슐린 저항성, 염증지표 및 간기능에 미치는 영향을 규명하는 것이었으며, 이 연구에서 얻은 결과를 요약하여 제시하면 다음과 같다.

1. 모든 체력관련 변인이 운동집단에서 유의하게 향상되었고, 전환집단의 경우 오른손 악력, 제자리멀리뛰기, 사이드스텝, 그리고 앉아윗몸앞으로굽히기가 유의하게 향상되었다.

2. 인슐린 저항성과 관련된 모든 변인에서 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았으나, 운동집단과 전환집단에서 개선되는 경향이 나타났다.

3. 운동집단과 전환집단에서 TNF- $\alpha$ 가 유의하게 감소되었으며, IL-6와 CRP가 개선되는 경향이 나타났다.

4. 간기능과 관련하여 전환집단에서 ALT가 유의하게 감소되었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 12주간의 유산소운동이 체력과 염증지표 및 인슐린 저항성의 개선에 효과적이었으며, 통근수단을 자가용에서 대중교통으로 전환한 것만으로도 유산소운동 못지 않게 체력, 염증지표, 인슐린 저항성, 그리고 간기능에 긍정적인 영향을 미친 것을 알 수 있다. 시간이 부족하여 운동 참여가 줄어드는 현대인에게 있어서 대중교통으로 통근수단을 전환하는 시도는 일상생활에서 자연스럽게 신체활동량을 증가시키고 건강수준을 개선하는 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 강동하, 정소봉, 홍세정, 김윤미, 고성경(2011). 12주간 유산소 및 저항운동이 비만 중학생의 신체구성, 염증유발지표 및 인슐린저항성에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 44(2), 791-801.
- 강서정, 김광준(2006). 장기간의 유산소운동이 중년여성의 자율신경 활성도와 염증지표에 미치는 영향. *한국여성체육학회지*, 20(3), 1-11.
- 고문수(2009). 생화학적 간기능 검사의 임상적 적용. *동국의학*, 15(2), 48-59.
- 국토교통부(2014). 2014년 자동차등록 현황보고.
- 김상훈(2009). 12주간의 대중교통을 이용한 통근이 과체중 중년남성의 비만, 건강관련체력과 대사증후군 위험요인에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 48(5), 411-420.
- 김종경, 박시영, 이준희, 전종목, 노호성, 최현민(2010). 저강도 걷기 운동 프로그램이 고도비만여성의 체력 신체구성 및 혈중 지질에 미치는 영향. *한국발육발달학회지*, 18(1), 19-24.
- 김종원, 김도연, 이정아(2013). 걷기운동과 행동수정 프로그램이 비만 남중생의 체조성, 혈중지질 및 대사증후군 인자에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 53(2), 637-651.
- 김태운, 강현식(2009). 좌식행동수정이 혈당과 인슐린 저항성에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 38(2), 1073-1080.
- 문진수, 김현(2012). 서울 수도권의 자동차 의존성 분석. *대한토목학회논문집*, 32(2), 175-182.
- 백승옥, 오운선, 신윤정(2007). 저강도 유산소성 운동프로그램이 중년여성의 건강 관련체력 및 등속성 근기능에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 46(1), 737-749.
- 성현곤(2009). 일상생활에서의 보행활동이 개인의 건강에 미치는 영향. *국토연구*, 62(1), 43-63.
- 손태서, 이정민, 장상아, 한경아, 손현식, 김효정, 안철우, 성연아, 민경완, 백세현, 유재명(2007). 제2형 당뇨병환자에게 알맞은 운동 거리 및 운동 시간에 대한 다기관 연구. *대한당뇨병학회지*, 31(2), 157-162.
- 이성수, 소용석(2013). 유산소운동이 비만청소년의 혈장 Apelin과 사이토카인 수준 및 인슐린저항성에 미치는 영향. *한국체육과학회지*, 22(5), 1415-1425.
- 이신호, 김창주, 강현식(2011). 규칙적인 걷기 운동이 TNF- $\alpha$ 에 의해 유발된 인슐린저항성에 미치는 영향. *운동과학*, 20(3), 239-248.
- 이채산, 김용규, 이정윤(2009). 장기간 유산소성 운동이 비만 여성의 저준위염증 지표 및 혈중대사 호르몬 변화에 미치는 영향. *한국발육발달학회지*, 17(4), 267-272.
- 이한(2011). 걷기운동의 속도가 비만 남성의 신체조성, 혈중 지질성분 및 인슐린 저항성에 미치는 영향. *한국체육과학회지*, 20(1), 853-862.
- 임길병, 이홍재, 문정화, 정태호, 성현곤, 박지형, 김혜자(2009). 통근 수단 전환을 통한 신체활동 증가가 체력 및 심혈관계에 미치는 영향. *대한스포츠의학학회지*, 27(1), 19-26.
- 정현령, 류종우, 유동훈, 신영호, 강호을(2012). 12주 걷기 운동이 폐경 후 비만 여성의 식욕조절 호르몬, 아디포카인 및 인슐린 저항성에 미치는 영향. *운동과학*, 21(2), 213-222.
- 조완주, 윤오남, 박상용(2011). 걷기운동이 비만중년여성의 신체구성과 염증지표에 미치는 영향. *한국스포츠학회지*, 9(3), 499-509.

- 최필병, 지용석(2011). 빈도별 유산소운동이 이상지질혈증 노인여성의 혈중지질과 간기능 수준 및 CPK 활성화에 미치는 영향. *한국운동재활학회지*, 7(3), 109-119.
- 최희정, 윤주호, 김상환, 윤경선, 홍승희(2007). 폐경 전, 후 여성에서 지질과 염증지표가 혈중  $\gamma$ -GT에 미치는 영향. *대한폐경학회지*, 13(1), 14-20.
- 하영애, 정경동, 천병렬(2000). 남성 근로자들에서 간기능 검사 이상소견 발생률과 관련요인. *대한산업의학회지*, 12(1), 59-69.
- ACSM(2009). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8th ed. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA.
- Ahmadzad, S., Haghighi, A. H., & Hamedinia, M. R.(2007). Effects of resistance versus endurance training on serum adiponectin and insulin resistance index. *European Journal of Endocrinology*, 157(5), 625-631.
- American Diabetes Association(2012). Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*, 35(1), 11-63.
- Baba, C. S., Alexander, G., Kalyani, B., Pandey, R., Rastogi, S., Pandey, A., & Choudhuri, G.(2006). Effect of exercise and dietary modification on serum aminotransferase levels in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 21(1), 191-198.
- Baumann, H. & Gaudie, J.(1994). The acute phase response. *Immunology Today*, 15(2), 74-80.
- Beavers, K. M., Hsu, F. C., Isom, S., Kritchevsky, S. B., Church, T., Goodpaster, B., Pahor, M., & Nicklas, B. J.(2010). Long-term physical activity and inflammatory biomarkers in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(12), 2189-2196.
- Besser, L. M. & Dannenberg, A. L.(2005). Walking to public transit steps to help meet physical activity recommendations. *American Journal of Preventive Medicine*, 29(4), 273-280.
- Brockman, R. & Fox, K. R.(2011). Physical activity by stealth? The potential health benefits of a workplace transport plan. *Public Health*, 125(4), 210-216.
- Centers for Disease Control and Prevention Vital Signs(2012). *More People Walk to Better Health*. Centers for Disease Control and Prevention: Atlanta, GA.
- Colbert, L. H., Visser, M., Simonsick, E. M., Tracy, R. P., Newman, A. B., Kritchevsky, S. B., Pahor, M., Taaffe, D. R., Brach, J., Rubin, S., & Harris, T. B.(2004). Physical activity, exercise, and inflammatory markers in older adults: findings from the health, aging and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(7), 1098-1104.
- Dandona, P., Weinstock, R., Thusu, K., Abdel-Rahman, E., Aljada, A., & Wadden, T.(1998). Tumor necrosis factor-alpha in sera of obese patients: fall with weight loss. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 83(8), 2907-2910.
- de Gonzalo-Calvo, D., Fernández-García, B., de Luxán-Delgado, B., Rodríguez-González, S., García-Macia, M., Suárez, F. M., Solano, J. J., Rodríguez-Colunga, M. J., & Coto-Montes, A.(2012). Long-term training induces a healthy inflammatory and endocrine emergent biomarker profile in elderly men. *Journal of the American Aging Association*, 34(3), 761-771.
- Esposito, K., Pontillo, A., Di Palo, C., Giugliano, G., Masella, M., Marfella, R., & Giugliano, D.(2003). Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *The Journal of the American Medical Association*, 289(14), 1799-1804.
- Fraser, A., Abel, R., Lawlor, D. A., Fraser, D., & Elhayany, A.(2008). A modified mediterranean diet is associated with the greatest reduction in alanine aminotransferase levels in obese type 2 diabetes patients: results of a quasi-randomised controlled trial. *Diabetologia*, 51(9), 1616-1622.
- Giannopoulou, I., Ploutz-Snyder, L. L., Carhart, R., Weinstock, R. S., Fernhall, B., Goulopoulou, S., & Kanaley, J. A.(2005). Exercise is required for visceral fat loss in postmenopausal women with type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 90(3), 1511-1518.
- Gregor, M. F. & Hotamisligil, G. S.(2011). Inflammatory mechanisms in obesity. *Annual Review of Immunology*, 29, 415-445.
- Hamedinia, M. R., Haghighi, A. H., & Ravasi, A. A.(2009). The effect of aerobic training on inflammatory markers of cardiovascular disease risk in obese men. *World Journal of Sport Sciences*, 2(1), 7-12.
- Hamer, M. & Stamatakis, E.(2008). Inflammation as an intermediate pathway in the association between psychosocial stress and obesity. *Physiology and Behavior*, 94(4), 536-539.
- Hoehner, C. M., Barlow, C. E., Allen, P., & Schootman,



- M.(2012). Commuting distance, cardiorespiratory fitness, and metabolic risk. *American Journal of Preventive Medicine*, 42(6), 571-578.
- Karacan, S.(2010). Effects of long-term aerobic exercise on physical fitness and postmenopausal symptoms with menopausal rating scale. *Science and Sports*, 25(1), 39-46.
- Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S. H., Nielsen, J. S., Thomsen, C., Pedersen, B. K., & Solomon, T. P.(2013). The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients a randomized, controlled trial. *Diabetes Care*, 36(2), 228-236.
- Kistler, K. D., Brunt, E. M., Clark, J. M., Diehl, A. M., Sallis, J. F., & Schwimmer, J. B.(2011). Physical activity recommendations, exercise intensity, and histological severity of nonalcoholic fatty liver disease. *The American Journal of Gastroenterology*, 106(3), 460-468.
- Libardi, C. A., De Souza, G. V., Cavaglieri, C. R., Madruga, V. A., & Chacon-Mikahil, M. P.(2012). Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF- $\alpha$ , IL-6, and CRP. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(1), 50-56.
- Liu, X., Hamnvik, O. P. R., Chamberland, J. P., Petrou, M., Gong, H., Christophi, C. A., Christiani, D. C., Kales, S. N., & Mantzoros, C. S.(2014). Circulating alanine transaminase(ALT) and  $\gamma$ -glutamyl transferase(GGT), but not fetuin-A, are associated with metabolic risk factors, at baseline and at two-year follow-up: the prospective cyprus metabolism study. *Metabolism*, 63(6), 773-782.
- MacDonald, J. M., Stokes, R. J., Cohen, D. A., Kofner, A., & Ridgeway, G. K.(2010). The effect of light rail transit on body mass index and physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 39(2), 105-112.
- Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F., & Turner, R. C.(1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and  $\beta$ -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28(7), 412-419.
- Marcell, T. J., McAuley, K. A., Traustadóttir, T., & Reaven, P. D.(2005). Exercise training is not associated with improved levels of C-reactive protein or adiponectin. *Metabolism*, 54(4), 533-541.
- Messier, V., Karelis, A. D., Robillard, M. È., Bellefeuille, P., Brochu, M., Lavoie, J. M., & Rabasa-Lhoret, R.(2010). Metabolically healthy but obese individuals: relationship with hepatic enzymes. *Metabolism*, 59(1), 20-24.
- Morency, C., Trepanier, M., & Demers, M.(2011). Walking to transit: A unexpected source of physical activity. *Transport Policy*, 18(6), 800-806.
- Morris, J. N. & Hardman, A. E. (1997). Walking to health. *Sports Medicine*, 23(5), 306-332.
- Nishida, Y., Higaki, Y., Tokuyama, K., Fujimi, K., Kiyonaga, A., Shindo, M., Sato, Y., & Tanaka, H.(2001). Effect of mild exercise training on glucose effectiveness in healthy men. *Diabetes Care*, 24(6), 1008-1013.
- Promrat, K., Kleiner, D. E., Niemeier, H. M., Jackvony, E., Kearns, M., Wands, J. R., Fava, J. L., & Wing, R. R.(2010). Randomized controlled trial testing the effects of weight loss on nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology*, 51(1), 121-129.
- Purath, J., Keller, C. S., McPherson, S., & Ainsworth, B.(2013). A randomized controlled trial of an office-based physical activity and physical fitness intervention for older adults. *Geriatric Nursing*, 34(3), 204-211.
- Roth, C. L., Kratz, M., Ralston, M. M., & Reinehr, T.(2011). Changes in adipose-derived inflammatory cytokines and chemokines after successful lifestyle intervention in obese children. *Metabolism*, 60(4), 445-452.
- Ryder, S. D. & Beckingham, I. J.(2001). ABC of diseases of liver, pancreas, and biliary system: chronic viral hepatitis. *British Medical Journal*, 322(7280), 219-221.
- Simons, R. & Anel, R.(2006). The effects of resistance training and walking on functional fitness in advanced old age. *Journal of Aging and Health*, 18(1), 91-105.
- Steele, K.(2010). *Bicycling and Walking in the United States: 2010 Benchmarking Report*. Alliance for Biking and Walking: Washington, DC.
- Teoman, N., Özcan, A., & Acar, B.(2004). The effect of exercise on physical fitness and quality of life in postmenopausal women. *Maturitas*, 47(1), 71-77.
- Tomar, R. H., Hashim, M. H., & Al-Qahtani, M. H.(2013). Effects of a 12-week aerobic training on glycemic control in type 2 diabetes mellitus male patients. *Saudi Medical Journal*, 34(7), 757-759.
- Villanueva, K., Giles-Corti, B., & McCormack, G.(2008). Achieving 10,000 steps: a comparison of public transport



- users and drivers in a university setting. *Preventive Medicine*, 47(3), 338-341.
- Wang, Z., Wang, L., Fan, H., Lu, X., & Wang, T.(2014). Effect of low-intensity ergometer aerobic training on glucose tolerance in severely impaired nondiabetic stroke patients. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 23(3), e187-e193.
- West, J., Brousil, J., Gazis, A., Jackson, L., Mansell, P., Bennett, A., & Aithal, G. P.(2006). Elevated serum alanine transaminase in patients with type 1 or type 2 diabetes mellitus. *An International Journal of Medicine*, 99(12), 871-876.
- Whitfield, J. B.(2001). Gamma glutamyl transferase. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Science*, 38(4), 263-355.
- WHO(1999). *Charter on Transport, Environment, and Health*. World Health Organization, Geneva.
- Younossi, Z. M., Otgonsuren, M., Venkatesan, C., & Mishra, A.(2013). In patients with non-alcoholic fatty liver disease, metabolically abnormal individuals are at a higher risk for mortality while metabolically normal individuals are not. *Metabolism*, 62(3), 352-360.

## Effects of 12 Weeks of Aerobic Exercise and Change to Public Transportation on Physical Fitness, Insulin Resistance, Inflammatory Makers, and Liver Function in Middle-Aged Men

Da-Som Heo, Yae-Young Kim, Won-Sang Jung, & Man-Gyoon Lee\*

*Kyung Hee University*

This study was designed to investigate the effects of increment of physical activity for 12 weeks through aerobic exercise training or change from own vehicle to public transportation for commuting on physical fitness, insulin resistance, inflammatory markers, and liver function in middle-aged men. Forty-four subjects, aged 30-50 yrs, were randomly assigned to either one of three groups, i.e., aerobic exercise training group (TR: n=14), change to public transportation group (PT: n=15), or control group (CON: n=15). Subjects in TR performed aerobic exercise for 30 min per sessions, three sessions per week, subjects in PT changed from their own vehicle to public transportation for commuting, and subjects in CON maintained their life patterns during the same intervention period. Physical fitness, insulin resistance, inflammatory markers, and liver function were measured at pre- and post-test, and the data were analyzed by repeated two-way ANOVA. Main results of the present study were as follows: 1) All variables related to physical fitness improved significantly in TR. Right grip strength, standing long jump, side step test, and sit-and-reach improved significantly in PT. 2) Although there were no significant changes in all variables related to insulin resistance, the variables tended to be improved in TR and PT. 3) TNF- $\alpha$  decreased significantly in TR and PT. IL-6 and CRP tended to be improved in TR and PT; however, the changes did not reach statistical significant level. 4) ALT decreased significantly in PT. AST and  $\gamma$ -GT tended to be improved in TR and PT; however, the changes did not reach statistical significant level. It was concluded that the 12 weeks of change to public transportation as well as aerobic exercise training would be beneficial for physical fitness and inflammatory markers. These interventions also would be possible to improve insulin resistance and liver function. The increment of physical activity through change from own vehicle to public transportation was found to be equally beneficial for health promotion compared to aerobic exercise.

**Key Words:** aerobic exercise, public transportation, physical fitness, insulin resistance, inflammatory maker, liver function 