

한국 성인의 안정시 심박수 및 근지구력과 제2형 당뇨 유병률의 관계

조원희¹, 김동일¹, 민지희¹, 전용관^{1,2,3}

¹연세대학교 스포츠응용산업학과, ²ICONS, 연세대학교 미래융합연구원 암당뇨운동의학센터, ³연세 암병원·암예방센터

The Association of Resting Heart Rate and Muscular Endurance and Prevalence With Type 2 Diabetes in Korean Adults

Wonhee Cho¹, Dong-il Kim¹, Ji-hee Min¹, Justin Y. Jeon^{1,2,3}

¹Department of Sport Industry Studies, Yonsei University, Seoul; ²Exercise Medicine Center for Diabetes and Cancer Patients, ICONS, Yonsei University, Seoul;

³Cancer Prevention Center, Yonsei Severance Hospital, Seoul, Korea

PURPOSE: To examine the association of resting heart rate (RHR) and muscular endurance with prevalence of type 2 diabetes in Korean adults.

METHODS: A baseline data from a total of 10,704 subjects who participated in the exercise program held at the National Health Promotion Center were analyzed. Participants were divided into tertiles according to their RHR. Participants were further divided into two groups (2-quantile) according to their muscular endurance measured. Statistical methods included frequency analysis, analysis of variance, and logistic regression.

RESULTS: Fasting glucose levels were significantly higher among participants with higher RHR. Compared with participants in the first RHR tertile, participants in the third RHR tertile are at 2.35 times (95% confidence interval [CI]: 2.16-3.03) higher odds of having type 2 diabetes. When participants were divided into two groups according to muscular strength, participants in the second quantile (less fit) are at 1.32 times (95% CI: 1.13-1.54) higher odds of having type 2 diabetes compared with participants in the first quantile. When joint associations of RHR and muscular endurance were analyzed, participants in the highest tertile of RHR with lower muscular endurance have 3.40 times (95% CI: 2.58-4.47) higher odds of having type 2 diabetes compared with those in the lowest tertile of RHR and high muscular endurance after controlling for age, sex and BMI.

CONCLUSIONS: RHR and muscular endurance were significantly associated with the prevalence of type 2 diabetes. In addition, this study shows that RHR and muscular endurance level are important indicators for the prevalence of type 2 diabetes in Korean adults.

Key words: Resting heart rate, Muscular endurance, Fasting glucose, Diabetes

서론

국제 당뇨 연맹(International Diabetes Federation)에 따르면 2015년 기준 당뇨 유병 인구는 약 4억 1천 5백만 명으로 조사 되었으며 2040년 예상 당뇨 유병 인구는 약 6억 4천 2백만 명으로 증가할 것으로 추정 하였다[1]. 우리나라의 당뇨 유병률은 2001년 8.6%에서 2005년 9.1%,

2013년 11.0%로 지속적인 증가 추세를 보이고 있으며[2], 우리나라 사망원인 중 6위가 당뇨인 것으로 나타났다[3]. 당뇨 유병 인구 증가와 함께 당뇨의 치료를 위한 국가적 의료비 역시 증가하는 것으로 볼 수 있다. 건강심사평가원의 보고[4]에 의하면 2014년 기준으로 당뇨로 인한 진료비용은 약 7,354억 원으로 조사되었으며, 당뇨 유병률이 지속적으로 증가함에 따라 당뇨 치료를 위한 국가적 의료비 또한 지속적으로

Corresponding author: Justin Y. Jeon Tel +82-2-2123-6197 Fax +82-2-2123-8648 E-mail jjeon@yonsei.ac.kr

Keywords 안정시 심박수, 근지구력, 공복 혈당, 당뇨병

Received 6 Sep 2017 Revised 18 Oct 2017 Accepted 15 Nov 2017

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

증가할 것으로 추정된다.

당뇨병의 발병 원인은 유전적 요인과 환경적 요인으로 나누어진다. 유전적 원인으로는 가족력이 있으며, 환경적인 요인으로는 서구적인 생활 습관으로 인한 비만 위험 증가 및 낮은 체력 등이 있다. Vazquez et al. [5]이 체질량지수(body mass index, BMI)와 당뇨 발생 위험을 조사한 32개의 전향적 연구를 메타 분석한 결과, 체질량지수가 가장 낮은 그룹에 비해 체질량지수가 가장 높은 그룹의 당뇨 발생 상대 위험(pooled relative risk)은 1.87배(relative risk [RR]=1.87, 95% confidence interval [CI]: 1.67-2.10) 증가하는 것으로 나타났다.

제2형 당뇨병의 발생 및 사망 위험은 비만도뿐만 아니라 체력요인과도 상당한 관련이 있다. Leite et al. [6]은 성인 남, 여 총 369명을 대상으로 심폐 체력 수준에 따른 인슐린 저항성 및 당뇨 위험과의 관계를 연구한 결과, 심폐 체력이 높은 그룹에 비해 심폐 체력이 낮은 그룹의 당뇨 위험이 15% 더 낮은 것으로 보고하였다. 또한, Wei et al. [7]이 제2형 당뇨병을 진단받은 남성 1,263명을 대상으로 당뇨로 인한 사망 위험률을 추적 분석한 결과, 심폐 체력이 높은 그룹에 비해 심폐 체력이 낮은 그룹의 당뇨로 인한 사망률이 2.10배(RR=2.10, 95% CI: 1.50-2.00) 증가하는 것으로 보고하였다.

안정시 심박수는 측정이 상대적으로 용이하며[8], 심폐 체력과 상당한 관련이 있어 심폐 체력의 예측 변인으로 사용되고 있다[9,10]. 실제로, 안정시 심박수가 높을수록 제2형 당뇨병의 유병률이 증가됨을 선행연구들이 보고하고 있다[11,12]. 한국 성인을 대상으로 한 Yang et al. [13]의 연구에서는 안정시 심박수가 높을수록 BMI, 공복혈당, 당화혈색소, 혈압, 중성지방이 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 안정시 심박수가 80 beat per minute (bpm) 이상인 그룹이 안정시 심박수가 80 bpm 미만인 그룹에 비해 제2형 당뇨 유병률이 남녀 각각 2.51배(OR=2.51, 95% CI: 1.83-3.46), 4.89배(OR=4.89, 95% CI: 3.63-6.58) 증가하는 것으로 보고하였다. 또한, 제2형 당뇨병 환자의 경우 안정시 심박수가 10 bpm 증가할 때마다 사망의 위험도는 1.31배씩 높아진다고 보고하였다[14]. 물론 안정시 심박수는 심폐 체력의 수준만을 반영하는 것은 아니며, 자율신경계의 조절에 의해서 달라지며, 자율신경계의 이상을 파악할 수 있는 요인이 된다[15]. 교감신경계가 과도하게 활성화되면 안정시 심박수가 증가하게 되고, 부교감신경 섬유에 의해 자극이 된 췌장의 베타세포는 인슐린 분비를 억제한다[16,17]. 또한, 교감신경계의 과도한 활성화는 근육 내 당 처리 능력의 장애가 생기게 한다고 보고하였다[18]. 그러나 안정시 심박수의 상승과 제2형 당뇨병과의 관계는 명확하지 않다고 보고하였다[19].

그뿐 아니라 안정시 심박수는 심혈관질환, 대사질환, 만성질환 등을 예측하는 인자로 보고되고 있다[20-22]. 실제로 Liu et al. [22]이 총 169,786명을 대상으로 안정시 심박수에 따른 대사증후군의 상대 위험비를 메타분석 한 결과, 안정시 심박수가 10 bpm씩 증가할수록 대사

질환의 상대 위험이 1.28배(RR=1.28, 95% CI: 1.23-1.34, $I^2=87.7%$, n=15) 증가한다고 보고하였다. 또한 국내 연구의 경우 성인 856명을 대상으로 안정시 심박수와 대사증후군과의 관계를 분석한 연구에서는 안정시 심박수가 높은 그룹이 낮은 그룹에 비해 비만지표, BMI, 공복 시 혈당 및 총콜레스테롤이 증가하였다고 보고하였다[23].

당뇨병은 심폐 기능을 대표하는 지표인 안정시 심박수와 마찬가지로 근력 및 근지구력과 밀접한 관련성을 갖고 있다. 제2형 당뇨병 36명의 환자와 나이, 성별, 체중, 신장이 일치하는 대조군 36명의 성인의 근력을 비교 분석한 결과, 당뇨병 환자가 대조군에 비해 발목 근력은 14-17%, 허벅지 근력은 7-14% 더 낮은 것으로 보고하였다[24]. 마찬가지로 Katmarzyk et al. [25]이 건강한 성인 총 1,543명을 대상으로 15.5년(186개월)간 신체구성 및 체력지표가 당뇨 발생률에 미치는 영향에 관하여 추적 관찰한 결과, 총 인원의 5%가 당뇨가 발생하였는데 근지구력 지표인 윗몸일으키기가 낮은 그룹에 비해 높은 그룹이 당뇨 발생률이 60% (Odds ratio [OR]=0.40, 95% CI: 0.26-0.64) 감소하는 것으로 보고되었다. 근력의 저하는 골격근에서의 당 처리 능력을 낮추게 하며, 당뇨병 진단의 중요한 지표인 당화혈색소(HbA1C)와 당뇨 위험 요인 중 하나이며, 염증 반응 표지자인 C-반응성 단백(C-reactive protein, CRP)의 증가에 밀접한 연관이 있는 것으로 보고되었다[26]. 또한, Holten et al. [27]이 당뇨병 환자 및 건강한 성인을 대상으로 주 3회 30분씩 하체 근력 운동을 통한 하체 근력의 향상은 골격근 내 인슐린 작용을 향상시키며, 근육 내 당 합성의 영향을 주는 인슐린 수용체인 glucose transporter 4 (GLUT 4) 및 글리코겐합성효소(glycogen synthase)의 양을 증가시킨다고 보고하였다.

유산소 운동과 근력 및 근지구력 운동 모두 인슐린 저항성과 당뇨병의 유병률과 발병과 깊은 관계가 있다. 따라서, 심폐 체력과 근력 및 근지구력은 만성질환인 제2형 당뇨병과 밀접한 관련성이 있다. 그러므로, 심폐 체력을 반영하는 지표인 안정시 심박수와 근력 및 근지구력을 반영하는 지표인 1분 윗몸일으키기 수행 개수가 당뇨 유병률과 어떤 관계가 있는지를 규명하는 연구는 매우 중요하다고 할 수 있다. 하지만, 기존의 관련 선행 연구들은 안정시 심박수 또는 근지구력과 당뇨와의 관계를 각각 규명하였기 때문에 대규모 인구 집단에서의 안정시 심박수와 근지구력에 따른 당뇨 유병률의 관계를 설명하기에 한계를 가진다. 따라서 본 연구의 목적은 안정시 심박수와 윗몸일으키기 수행능력이 제2형 당뇨 유병률과 어떠한 관계를 가지고 있는지를 규명하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

국민건강 보험공단을 통해 의료평가(2007-2011년)를 받고, 공단에

Table 1. Participants' characteristics

| Variables | Total (N=10,704) | Male (n=2,531) | Female (n=8,173) | p |
|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------|
| Age (yr) | 53.74±8.63 | 53.54±10.50 | 53.80±7.96 | .193 |
| Weight (kg) | 75.21±10.29 | 73.10±10.28 | 62.04±10.40 | <.001 |
| Height (cm) | 158.86±8.62 | 167.97±6.22 | 156.03±7.19 | <.001 |
| BMI (kg/m ²) | 25.54±3.05 | 25.86±2.90 | 25.45±3.09 | .664 |
| Resting HR (bpm) | 75.21±10.29 | 74.64±10.83 | 75.39±10.11 | <.001 |
| Sit-up (n/1 min) | 10.58±5.78 | 15.49±5.40 | 9.06±5.00 | .001 |
| Glucose (mg/dL) | 98.25±22.99 | 103.50±27.71 | 96.62±21.04 | <.001 |

Mean±SD.

속해있는 소속 병원 및 국민건강보험공단이 실시한 건강검진에서 비만, 이상지질혈증, 고혈압, 당뇨의 질환 중 1가지 이상의 질환 판정 혹은 의심되는 대상자만이 전국 16개 센터의 국민건강증진센터에서 진행되는 운동 프로그램에 참여할 수 있었다. 운동 프로그램에 참여한 대상자는 성인 남, 여 총 10,704명이며, 본 연구는 운동 프로그램의 시작 전 사전조사에서 측정된 자료만을 활용하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 측정 변인

1) 신체계측

신장 및 체중 자동측정기 VIKI 200 (Jawon Medical, Seoul, Korea)을 이용하여 대상자들의 신장과 몸무게를 측정하였고, 'BMI=체중(kg)/신장(m)²'의 공식을 이용하여 체질량지수를 산출하였다. 또한 체성분 분석기 X-scan Plus II (Jawon Medical, Seoul, Korea)를 이용하여 체지방률을 분석하였다.

2) 안정시 심박수

안정시 심박수(resting heart rate)는 1분 동안 심장이 수축하여 혈액을 체내로 박출하는 횟수를 의미하는 것으로 측정 전 대상자는 약 10분간 앉아서 휴식을 취한 뒤 앉은 상태에서 맥박 측정용 기구(Helmas-SH-9600B, Seoul, Korea)를 통하여 맥박을 측정하였다

3) 근지구력 검사(윗몸일으키기)

근지구력 측정을 위해 윗몸일으키기를 측정하였다. 윗몸일으키기는 윗몸일으키기용 기구(Helmas SH-9600N, Korea)를 이용하여 양손을 목 뒤로 잡은 상태에서 양쪽 팔꿈치가 60초 동안 굽혀진 무릎에 닿는 횟수를 측정하였다.

4) 당뇨

미국 당뇨병학회(American Diabetes Association, ADA)에서 제시한 공복혈당 ≥126 mg/dL일 경우 혹은 당뇨로 인한 약을 복용하고 있을

경우를 당뇨로 진단하였다. 공복혈당 측정은 측정 전날 최소 12시간 공복 상태에서 채혈된 혈액을 분석하였다[28].

3. 자료처리방법

모든 분석은 SPSS 22.0을 이용하여 분석을 실시하였다. 안정시 심박수에 따른 대상자 구분 기준은 빈도 분석을 통하여 삼분위수(tertile)로 나누어 분석하였다. 또한, 근지구력은 빈도 분석을 통해 이분위수(2-quantile)를 기준으로 근지구력이 높은 그룹과 낮은 그룹으로 나누었다. 근지구력의 경우 성별에 따른 차이가 있기 때문에 남, 여 각각 이분위수를 기준으로 나누었다. 안정시 심박수에 따른 신체적 특성의 차이 비교를 위하여 일원 배치 분산분석을 실시하였으며 사후 검정은 Scheffe를 이용하여 그룹 간 차이를 검증하였고, 안정시 심박수에 따른 공복혈당의 차이 검정을 위하여 공복혈당의 영향을 줄 수 있는 나이와 체질량지수를 통제 후 일변량 분산분석을 통하여 차이를 검증하였다. 또한, 근지구력의 경우 독립 표본 t-검정을 실시하여 근지구력이 낮은 그룹과 높은 그룹 간 신체적 특성의 차이를 비교하였으며, 공복혈당의 영향을 줄 수 있는 나이와 체질량지수를 통제 후 일변량 분산분석을 통하여 공복혈당의 차이를 비교 분석하였다. 안정시 심박수에 따른 그룹 간에 상대적인 제2형 당뇨 유병률, 근지구력에 따른 그룹 간에 상대적인 제2형 당뇨 유병률, 안정시 심박수와 근지구력에 따른 그룹 간에 상대적인 제2형 당뇨 유병률을 추정하기 위하여 선행 논문에 따라 공복혈당의 영향을 줄 수 있는 나이와 체질량지수를 통제 후 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다[5,29]. 안정시 심박수와 근지구력이 상호작용의 여부를 확인하기 위하여 이원분산분석을 실시하였다. 본 연구에서는 모든 통계적 유의 수준을 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 안정시 심박수 및 근지구력에 따른 당뇨관련 요인

안정시 심박수에 따른 대상자 특성 및 당뇨 관련 요인들의 차이분석 결과는 Table 2와 같다. 안정시 심박수를 삼분위수(tertile)로 나누어 나이와 체질량지수를 통제한 후 그룹 간 차이를 분석한 결과 안정시 심박수가 가장 낮은 그룹(≤ 71 bpm)에 비하여 안정시 심박수가 높을수록 공복혈당이 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 근지구력은 남, 여 각각 이분위수(2-quantile)를 기준으로 두 그룹으로 나누어 분석한 결과, 근지구력이 낮은 그룹(low muscular endurance)이 근지구력이 높은 그룹(high muscular endurance)에 비해 나이와 체질량지수를 통제하여도 공복혈당이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다(Table 3).

Table 2. Variables according to the resting heart rate tertiles

| Variables | Resting heart rate | | |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | T1 ≤71 bpm (n=3,998) | T2 72-79 bpm (n=3,302) | T3 ≥80 bpm (n=3,404) |
| Male (n) | 1,022 | 721 | 788 |
| Female (n) | 2,976 | 2,581 | 2,616 |
| Age (yr) | 54.48±8.05 [†] | 53.50±8.79* | 53.10±9.07* |
| Weight (kg) | 64.73±9.68 | 64.54±13.93 | 64.64±10.48* |
| Height (cm) | 159.06±7.56 [‡] | 157.00±10.62 | 158.50±7.57 |
| BMI (kg/m ²) | 25.03±8.33 | 24.89±3.05 [‡] | 24.14±3.23 [†] |
| Glucose (mg/dL) | 95.46±0.54 ^{‡,§} | 97.99±0.40 ^{‡,§} | 101.78±0.39 ^{‡,†} |

Mean ± SD.

Glucose, adjusted for age, BMI.

*Significant difference with first tertile, $p < .05$; [†]Significant difference with second tertile, $p < .05$; [‡]Significant difference with third tertile, $p < .05$.

Table 3. Variables according to the muscular endurance

| Variables | Muscular endurance (sit-up, n/1 min) | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | High muscular endurance (n=4,435) | Low muscular endurance (n=6,269) |
| Male (n) | 1,075 | 1,456 |
| Female (n) | 3,360 | 4,813 |
| Age (yr) | 50.12±9.04* | 56.30±7.33 |
| Weight (kg) | 64.92±10.45* | 64.45±12.00 |
| Height (cm) | 159.75±7.66* | 158.23±9.20 |
| BMI (kg/m ²) | 24.83±2.99* | 35.15±3.09 |
| Glucose (mg/dL) | 99.10±0.35* | 97.62±0.30 |

Mean ± SD; High muscular endurance: male >16, female >10; Low muscular endurance (sit-up, n/1 min): male ≤16, female ≤10.

Glucose, adjusted for age, body mass index.

* $p < .05$.

Table 4. Odds ratio of type 2 diabetes according to the resting heart rate tertiles

| Total (n=10,704) | Crude | | | Adjusted | | |
|------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | T1 ≤71 bpm (n=3,998) | T2 72-79 bpm (n=3,302) | T3 ≥80 bpm (n=3,404) | T1 ≤71 bpm (n=3,998) | T2 72-79 bpm (n=3,302) | T3 ≥80 bpm (n=3,404) |
| Total | 1 | 1.63 (1.36-1.95) | 2.35 (1.98-2.78) | 1 | 1.76 (1.47-2.11) | 2.56 (2.16-3.03) |
| Male | 1 | 1.77 (1.32-2.36) | 2.10 (1.59-2.76) | 1 | 1.89 (1.41-2.53) | 2.27 (1.72-3.00) |
| Female | 1 | 1.66 (1.31-2.01) | 2.62 (2.11-3.25) | 1 | 1.71 (1.35-2.15) | 2.73 (2.20-3.39) |

Adjusted for age, sex, body mass index.

Table 5. Odds ratio of type 2 diabetes according to the muscular endurance

| Total (n=10,704) | Crude | | Adjusted | |
|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | High muscular endurance (n=4,435) | Low muscular endurance (n=6,269) | High muscular endurance (n=4,435) | Low muscular endurance (n=6,269) |
| Total | 1 | 1.59 (1.38-1.84) | 1 | 1.32 (1.13-1.54) |
| Male | 1 | 1.82 (1.43-2.32) | 1 | 1.42 (1.09-1.86) |
| Female | 1 | 1.51 (1.27-1.81) | 1 | 1.28 (1.06-1.54) |

High muscular endurance: male >16, female >10; Low muscular endurance (sit-up, n/1min): male ≤16, female ≤10. adjusted for age, sex, body mass index.

2. 안정시 심박수에 따른 제2형 당뇨 유병률

안정시 심박수에 따른 제2형 당뇨 유병률은 Table 4와 같다. 안정시 심박수를 삼분위수로 나누어 안정시 심박수와 당뇨병 유병률(OR)을 알아보았다. 안정시 심박수가 가장 낮은 그룹을 기준으로 하였을 때 안정시 심박수가 높을수록 제2형 당뇨 유병률이 각각 1.63배(OR=1.63, 95% CI: 1.36-1.95), 2.35배(OR=2.35, 95% CI: 1.98-2.78) 증가하는 것으로 나타났다. 또한 성별을 나누어 분석하였을 때 남자의 경우 2형 당뇨 유병률이 1.89배(OR=1.89, 95% CI: 1.41-2.53), 2.27배(OR=2.27, 95% CI: 1.72-3.00) 증가하는 것으로 나타났으며, 여자의 경우 1.71배(OR=1.71, 95% CI: 1.35-2.15), 2.73배(OR=2.73, 95% CI: 2.20-3.39) 증가하는 것으로 나타났다.

3. 근지구력에 따른 제2형 당뇨 유병률

근지구력에 따른 제2형 당뇨 유병률은 Table 5와 같다. 남, 여 각각

두 그룹으로 나누어 근지구력과 당뇨병 유병률 간의 관계를 알아보았다. 근지구력이 높은 그룹을 기준으로 근지구력이 낮은 그룹은 당뇨 유병률이 1.59배(OR=1.59, 95% CI: 1.38-1.84) 증가하는 것으로 나타났다. 또한 성별을 나누어서 분석하였을 때, 남자의 경우 근력이 낮은 그룹의 당뇨병 유병률이 1.82배(OR=1.82, 95% CI: 1.43-2.32), 여자의 경우 근력이 낮은 그룹의 당뇨병 유병률이 1.51배(OR=1.51, 95% CI: 1.27-1.81) 증가하는 것으로 나타났다.

4. 안정시 심박수 및 근지구력에 따른 제2형 당뇨 유병률

안정시 심박수 및 근지구력에 따른 제2형 당뇨 유병률은 Table 6과 같다. 안정시 심박수가 낮으면서 근지구력이 높은 그룹을 기준으로 하였을 때 근지구력이 높을지라도 안정시 심박수가 높을 경우에는 2.74배(OR=2.74, 95% CI: 2.02-3.71), 안정시 심박수가 낮다 할지라도 근지구

Table 6. Odds ratio of type 2 diabetes according to the resting heart rate and muscular endurance

| Total (n= 10,704) | High muscular endurance (n=4,435) | | | Low muscular endurance (n=6,269) | | |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | T1 ≤ 71 bpm (n=1,660) | T2 72-79 bpm (n=1,395) | T3 ≥ 80 bpm (n=1,380) | T1 ≤ 71 bpm (n=2,338) | T2 72-79 bpm (n=1,907) | T3 ≥ 80 bpm (n=2,024) |
| Total | 1 | 1.87 (1.36-2.57) | 2.74 (2.02-3.71) | 1.39 (1.03-1.87) | 2.37 (1.78-3.16) | 3.40 (2.58-4.47) |
| Male | 1 | 1.83 (1.01-3.09) | 2.66 (1.63-4.34) | 1.49 (0.93-2.37) | 2.81 (1.77-4.43) | 3.05 (1.95-4.77) |
| Female | 1 | 1.88 (1.25-2.82) | 2.76 (1.89-4.08) | 1.34 (0.91-1.96) | 2.17 (1.50-3.14) | 3.60 (2.53-5.12) |

High muscular endurance: male > 16, female > 10; Low muscular endurance (sit-up, n/1min): male ≤ 16, female ≤ 10. adjusted for age, sex, body mass index.

Table 7. Two-way ANOVA examining the interaction between resting heart rate and muscular endurance on glucose

| Source | Sum of squares | df | Mean squares | F | p |
|-------------------|----------------|--------|--------------|--------|-------|
| Resting HR | 60,253.992 | 1 | 30,126.996 | 57.962 | <.001 |
| Sit-up | 31,193.832 | 2 | 31,193.832 | 60.015 | <.001 |
| Resting HR*Sit-up | 802.302 | 1 | 401.151 | 0.772 | .462 |
| Error | 551,4768.145 | 10,610 | 519.771 | | |

력이 약할 경우에는 1.39배(OR=1.39, 95% CI: 1.03-1.87), 근지구력이 약 하면서 안정시 심박수까지 높을 경우에는 3.4배(OR=3.62, 95% CI: 2.58-4.47) 제2형 당뇨 유병률이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 이러한 결과는 성별을 나누었을 때에도 비슷한 경향성을 나타냈으며 안정시 심박수가 낮으면서 근지구력이 높은 그룹에 비하여 안정시 심박수가 높고 근지구력이 낮은 그룹이 제2형 당뇨 유병률은 남, 여 각각 3.05 배(OR=3.05, 95% CI: 1.95-4.77), 3.60배(OR=3.60, 95% CI: 2.53-5.12) 증가하는 것으로 나타났다.

5. 공복 혈당에 대한 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용효과

안정시 심박수에 대한 공복혈당이 근지구력에 따라 다른가를 보기 위하여 이원분산분석을 실시하였고, 분석 결과 값은 Table 7과 같다. Table 7에 나타난 바와 같이 공복 혈당에 대한 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용 효과 값은 F=0.772, p=.462로 상호작용효과가 나타나지 않았다. 즉, 안정시 심박수에 대한 공복혈당이 근지구력에 따라 다르지 않았다.

논 의

본 연구는 국민건강증진센터 운동프로그램에 참여한 성인 남, 여 총 10,704명을 대상으로 한국 성인의 안정시 심박수 및 근지구력의 지표인 윗몸일으키기와 제2형 당뇨 유병률의 관계를 분석하였다. 분석결과, 안정시 심박수가 높고, 근지구력이 약할수록 통계적으로 유의하게 공복혈당이 증가하는 경향을 확인하였다. 또한 안정시 심박수가 낮고 근지구력이 높은 그룹에 비하여 안정시 심박수가 낮더라도 근지구력이 낮은 그룹과 근지구력이 높아도 안정시 심박수가 높은 그룹 모두 제2형 당뇨 유병률이 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 안정시 심박

수가 높고 근지구력이 낮은 경우 제2형 당뇨 유병률은 더 높게 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 공복혈당의 변화가 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용의 효과인지 보기 위하여 이원분산분석을 실시하였다. 그 결과, 공복혈당에 대한 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용이 없는 것으로 나타났다. 따라서 안정시 심박수와 근지구력이 당뇨에 복합적인 영향은 미치지 않았으나, 안정시 심박수와 근지구력은 각각 독립적으로 당뇨 유병률의 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 연구의 결과는 당뇨 유병률에 대하여 안정시 심박수와 근지구력의 복합적인 영향을 규명하지는 못하였으므로, 추가적인 연구를 통하여 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용 및 기전적 해석에 관한 점들이 규명되어야 한다고 생각된다.

안정시 심박수는 측정의 간편성, 안전성, 경제적 효율성 등으로 인하여 임상에서의 잠재적인 활용도를 갖고 있으며[11,30], 또한, 최대산소 섭취량 예측 등 심폐 체력과 밀접한 관련성이 증명되어 심폐 체력의 예측 지표로 사용되고 있다[31]. 본 연구의 결과에 따르면 안정시 심박수는 공복혈당 및 제2형 당뇨 유병률과 상당한 연관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 Aune et al. [30]의 메타분석 연구에서는 총 119,915명의 안정시 심박수에 따른 제2형 당뇨의 상대 위험을 분석한 결과, 안정시 심박수가 높은 그룹이 낮은 그룹에 비해 당뇨의 상대 위험이 1.83배 (RR=1.83, 95% CI: 1.28-2.60, I²=88%, n=7) 더 높게 나타났다고 보고하여 본 연구의 결과와 일치한다. 그러나 아직 안정시 심박수와 제2형 당뇨의 관계에 대한 명확한 기전은 불분명하나[19], 소수의 선행 논문에 따르면 몇 가지 생체적 기전이 안정시 심박수와 제2형 당뇨와의 관계를 설명하고 있다[12,32-35]. 안정시 심박수의 상승은 교감신경의 활성화에 의해 작용되며 이는 자율신경계의 불균형을 나타낸다고 보고하였다. 교감신경의 지나친 활성화는 인슐린 감수성의 감소 및 고혈압, 비만, 염증, 대사증후군의 위험이 증가하고, 이로 인하여 제2형 당뇨 유

병 위험을 증가시키는 것으로 보고되었다. 또한 Ogihara et al. [36]의 연구와 Perin et al. [37]의 연구에 따르면 지나친 교감신경의 활성화는 체액량 및 혈압 조절에 중심적인 역할을 하는 내분비계 기구인 레닌-엔지오텐신-알도스테론계(renin-angiotensin-aldosterone system)를 자극하며, 이에 따라 인슐린 저항성 상승의 영향을 준다고 보고하였다. 이처럼 몇 가지 기전을 통하여 안정시 심박수의 상승이 제2형 당뇨 유병 위험을 증가시키지만, 아직 안정시 심박수와 제2형 당뇨병과의 직접적인 관계를 보고한 연구는 없었으며, 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한, 본 연구는 근지구력이 당뇨병 유병률과 밀접한 관련성을 가지고 있는 것을 확인하였다. 근지구력과 당뇨병과의 관계를 연구한 다양한 연구에서 근지구력의 지표로 윗몸일으키기를 사용하였다[9,28,29]. Sawada et al. [38]이 당뇨병이 없는 3,792명의 성인들을 대상으로 187개월 동안 추적 관찰한 전향적 연구 결과에 따르면, 근지구력 지표인 분당 윗몸일으키기의 횟수가 낮은 그룹에 비해 높은 그룹의 제2형 당뇨병의 발생률이 39% (OR=0.61, 95% CI: 0.41-0.92) 더 낮은 것으로 조사되었으며, 다른 체력 요소인 유연성, 민첩성, 하지 근력의 경우 당뇨 발생률과 유의한 관계가 없는 것으로 나타났다. 이를 보아 근지구력 지표는 다른 체력 요소에 비하여 당뇨와의 밀접한 관련이 있다는 점에서 본 연구결과를 지지한다. 최근 당뇨병 환자들을 대상으로 유산소 운동과 마찬가지로 근력 및 근지구력 운동 중재를 권장하고 있으며[39], Dunstan et al. [40]의 연구에 의하면 당뇨병 환자 36명을 대상으로 고강도의 근력 및 근지구력 중재를 6개월간 진행한 결과 운동군이 대조군에 비하여 당화혈색소가 1.1-1.2% 감소하는 것으로 보고하여 당뇨병 환자에게 근력 및 근지구력 체력 관리의 중요성을 보고하였다. 이는 근력 운동이 근육 내 혈당 흡수 능력을 증가시키고, 당화 혈색소를 낮추는 데 주요한 효과를 나타낸다고 보고하였다[41,42]. 그러나 근지구력과 제2형 당뇨와의 관계에 관한 연구는 아직 상대적으로 적은 실정이며, 직접적인 관계를 규명하기 위해서 중재 운동 및 기전에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이처럼 안정시 심박수와 근지구력 체력 요인인 윗몸일으키기가 제2형 당뇨 유병률과 깊은 연관성이 있음을 본 연구 결과에서 확인할 수 있었는데, 이는 운동을 통한 심박수 및 근지구력 체력 향상을 통한 체력 관리가 당뇨의 발병을 예방하고 당뇨의 꾸준한 관리를 위해서 매우 중요함을 시사한다.

본 연구의 제한점으로는 단면연구이기 때문에 안정시 심박수 및 윗몸일으키기와 제2형 당뇨 유병률과의 인과관계를 규명할 수 없다는 점을 가진다. 그러나 근지구력 대표 체력 지표인 윗몸일으키기와 안정시 심박수를 이용하여 제2형 당뇨 유병률의 관계를 다각적으로 분석 및 규명했다는 점에서 의의가 있다고 판단된다. 또한, 본 연구의 대상자들의 나이가 남, 여 모두 평균 50대이기 때문에 모든 성인에게 일반화할 수 없다는 제한점을 가지고 있으며, 대상자들의 지역을 정확히 제공하고 있지 못하는 제한점을 가지고 있다. 대상자의 지역 분포 차이

에 따라 대상자의 특성의 차이가 있을 수 있지만 당뇨와 같은 만성질환은 지역에 따른 차이보다는 나이와 BMI에 따른 영향이 더 많이 받을 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 남녀 성비의 불균형(총 대상자 대비 남성은 24%, 여성은 76%)은 본 연구의 제한점으로 사료된다. 그러나 성비의 불균형 및 지역 미구분에도 불구하고 한국 성인 10,704명의 대규모 데이터를 분석했다는 점에서 의의를 갖는다고 사료된다. 다른 제한점으로는 여성 대상자의 폐경 유무를 제공하고 있지 못하고 있다. 폐경이 당뇨의 발병에 영향을 주는가에 대해 많은 논란이 있다[43-45]. 이 제한점을 극복하고자 본 연구는 대한민국 여성의 평균 폐경 나이(49.7세)를 통제하여 분석한 결과, 폐경을 통제 후에도 본 연구 결과와 같은 경향성을 나타냈다. 또한, 본 연구의 대상자 중 당뇨로 인하여 복용하고 있는 약의 종류를 정확히 제공하고 있지 못하고 있다. 따라서 심박수의 영향을 주는 약을 복용 중일 수 있기 때문에 당뇨로 인한 약을 복용하고 있는 대상자 241명을 제외하고 분석한 경우에도 본 연구 결과와 같은 경향을 보였다. 끝으로 성인의 안정시 심박수 및 근지구력 지표가 제2형 당뇨 유병률 및 만성질환에 미치는 영향을 규명하고자 하는 대규모 연구들에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 국민건강증진센터 운동프로그램 참가자의 자료를 이용하여 한국 성인의 안정시 심박수 및 근지구력과 제2형 당뇨 유병률의 관계를 분석하였으며 종합해보면 다음과 같다.

첫째, 안정시 심박수 및 근지구력은 공복혈당과 밀접한 연관성이 있으며 안정시 심박수가 높을수록 혹은 근지구력이 약할수록 공복혈당이 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 둘째, 안정시 심박수가 높을수록 제2형 당뇨 유병률은 2.63배까지 증가하는 경향을 보였다. 셋째, 안정시 심박수 및 근지구력은 제2형 당뇨 유병률과 상당한 연관성이 있으며, 안정시 심박수가 높으면서 근지구력이 낮은 경우, 안정시 심박수가 낮으면서 근지구력이 높은 경우에 비하여 제2형 당뇨 유병률은 나이, 성별, 및 BMI에 관계없이 3.62배까지 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 당뇨 유병률에 대한 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용은 없는 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 안정시 심박수 및 근지구력 지표가 제2형 당뇨 유병률과 상당한 관계가 있는 것을 확인 하였으나, 당뇨 유병률에 대한 안정시 심박수와 근지구력의 상호작용 및 기전적 해석에 관한 점들을 규명할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다. 또한, 제2형 당뇨병의 예방 및 관리를 위해서는 안정시 심박수 및 근지구력 체력 관리의 중요성을 볼 수 있었으며, 제2형 당뇨병의 예방 및 관리를 위해서는 한국 성인의 근지구력 및 안정시 심박수의 명확한 기준에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Herman WH. The global burden of diabetes: an overview. *Diabetes Mellitus in Developing Countries and Underserved Communities*, Springer International Publishing 2017;1-5.
2. Korea Center for Disease Control & Prevention. Ministry of Health and Welfare, The Korea National Health and Nutrition Examination Survey. 2013; Retrieved from http://www.mohw.go.kr/front_new/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=305115&SEARCHKEY=TITLE&SEARCHVALUE
3. Statistics Korea. Statistics of mortality cause in 2015. 2016 September 27.
4. Health Insurance Review and Assessment Service. Health insurance and medical benefit evaluation in 2014. 2015 October 23.
5. Vazquez G, Duval S, Jacobs DR, Silventoinen K. Comparison of body mass index, waist circumference, and waist/hip ratio in predicting incident diabetes: a meta-analysis. *Epidemiologic Reviews* 2017;29(1): 115-128.
6. Leite SA, Monk AM, Upham PA, Chacra AR, Bergnestal RM. Low cardiorespiratory fitness in people at risk for type 2 diabetes: early marker for insulin resistance. *Diabetology and Metabolic Syndrome* 2009;1(1):8.
7. Wei M, Gibbons LW, Kampert JB, Nichaman MZ, Blair SN. Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Annals of Internal Medicine* 2000;132(8): 605-611.
8. Jurca R, Jackson AS, Lamonte MJ, Morrow JR, Wareham NJ, et al. Assessing cardiorespiratory fitness without performing exercise testing. *American Journal of Preventive Medicine* 2005;29(3):185-193.
9. Kenney WL. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1985; 17(4):451-455.
10. Nauman J, Aspenes ST, Nilsen TI, Vatten LJ, Wisoloff U. A prospective population study of resting heart rate and peak oxygen uptake (the HUNT Study, Norway). *Plos One* 2012;7(9):e45021.
11. Shigetoh Y, Adachi H, Yamagishi S, Enomoto M, Fukami A, et al. Higher heart rate may predispose to obesity and diabetes mellitus: 20-year prospective study in a general population. *American Journal of Hypertension* 2009;22(2):151-155.
12. Kim DI, Yang HI, Park JH, Lee MK, Kang DW, et al. The association between resting heart rate and type 2 diabetes and hypertension in Korean adults. *Heart* 2016;102(21):1757-1762.
13. Yang HI, Kim HC, Jeon JY. The association of resting heart rate with diabetes, hypertension, and metabolic syndrome in the Korean adult population: the fifth Korea national health and nutrition examination survey. *Clinica Chimica Acta* 2016;455:195-200.
14. Stettler C, Bearth A, Allemann S, Zwahlen M, Zanchin L, et al. QTc interval and resting heart rate as long-term predictors of mortality in type 1 and type 2 diabetes mellitus: a 23-year follow-up. *Diabetologia* 2007;50(1):186-194.
15. Palatini P, Julius S. Elevated heart rate: a major risk factor for cardiovascular disease. *Clinical Experimental Hypertension* 2004;26(7-8):637-644.
16. Jamerson KA, Julius S, Gudbrandsson T, Andersson O, Brant DO. Reflex sympathetic activation induces acute insulin resistance in the human forearm. *Hypertension* 1993;21(5):618-623.
17. Emdin M, Gastaldelli A, Muscelli E, Macerata A, Natali A, et al. Hyperinsulinemia and autonomic nervous system dysfunction in obesity: effects of weight loss. *Circulation* 2001;103(4):513-519.
18. Julius S, Gudbrandsson T, Jamerson K, Andersson O. The interconnection between sympathetics, microcirculation, and insulin resistance in hypertension. *Blood Press* 1992;1(1):9-19.
19. Bemelmans RH, Wassink AM, van der GY, Nathoe HM, Vermoolen JW, et al. Risk of elevated resting heart rate on the development of type 2 diabetes in patients with clinically manifest vascular diseases. *European Journal of Endocrinology* 2012;166(4):717-725.
20. Fox K, Borer JS, Camm AJ, Danchin N, Ferrari R, et al. Resting heart rate in cardiovascular disease. *Journal of the American College of Cardiology* 2007;50(9):823-830.
21. Böhm M, Reil JC, Deedwania P, Kim JB, Borer JS. Resting heart rate: risk indicator and emerging risk factor in cardiovascular disease. *The American Journal of Medicine* 2015;128(3):219-228.
22. Liu X, Luo X, Liu Y, Sun X, Han, C, et al. Resting heart rate and risk of metabolic syndrome in adults: a dose-response meta-analysis of observational studies. *Acta Diabetologica* 2016;54(3):223-235.
23. Lee CA, Lee JA, Jeon JY. The relationship between resting heart rate and risk factors of metabolic syndrome in Korean adults. *Korean Journal of Obesity* 2013;22(4):222-230.
24. Andersen H, Nielsen S, Mogensen CE, Jakobsen J. Muscle strength in type 2 diabetes. *Diabetes* 2004;53(6):1543-1548.
25. Katzmarzyk PT, Craig CL, Gauvin L. Adiposity, physical fitness and incident diabetes: the physical activity longitudinal study. *Diabetologia*

- 2007;50(3):538-544.
26. Hamer M, Molloy GJ. Association of C-reactive protein and muscle strength in english longitudinal study. *American Aging Association* 2009;31(3):171-177
27. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, et al. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes* 2004;53(2):294-305.
28. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes-2015. *Diabetes Care* 2015;38(10):e175.
29. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *Journal of Gerontology Applied Biology Science* 2006;61(1):72-77.
30. Aune D, ó Hartaigh B, Vatten LJ. Resting heart rate and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 2015;25(6):526-534.
31. Aspenes S, Nauman, J, Nilsen TI, Vatten, LJ, Wisløff U. Physical activity as a long-term predictor of peak oxygen uptake: the HUNT Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2011;43(9):1675-1679.
32. Sajadieh A, Nielsen OW, Rasmussen V, Hein HO, Abedini S, et al. Increased heart rate and reduced heart-rate variability are associated with subclinical inflammation in middle-aged and elderly subjects with no apparent heart disease. *European Heart Journal* 2004;25(5):363-370.
33. Shibao C, Gamboa A, Diedrich A, Erti AC, Chen KY, et al. Autonomic contribution to blood pressure and metabolism in obesity. *Journal of Hypertension* 2007;49(1):27-33.
34. Flanagan DE, Vaile JC, Petley GW, Moore VM, Godsland IF, et al. The autonomic control of heart rate and insulin resistance in young adults. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1999;84(4):1263-1267.
35. Mancía G, Bousquet P, Elghozi JL, Esler M, Grassi G, et al. The sympathetic nervous system and the metabolic syndrome. *Journal of Hypertension* 2007;25(5):909-920.
36. Ogiwara T, Asano T, Ando K, Chiba Y, Sakoda H, et al. Angiotensin II-induced insulin resistance is associated with enhanced insulin signaling. *Hypertension* 2002;40(6):872-879.
37. Perin PC, Maule S, Quadri R. Sympathetic nervous system, diabetes, and hypertension. *Clinical and Experimental Hypertension* 2001;23(1-2):45-55.
38. Sawada SS, Lee IM, Naito H, Tsukamoto K, Muto T, et al. Muscular and performance fitness and the incidence of type 2 diabetes: prospective study of Japanese men. *Journal of Physical Activity and Health* 2010;7(5):627-632.
39. Colberg SR, Signal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, et al. American college of sports medicine; American diabetes association. exercise and type 2 diabetes: the american College of Sports Medicine and the american diabetes association: joint position statement. *Diabetes Care* 2010;42(12):2282-2303.
40. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De CM, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002;25(10):1729-1736.
41. Lambers, S, Van Laethem C, Van Acker K, Calders P. Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clinical Rehabilitation* 2008;22(6):483-492.
42. Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Annual Internal Medicine* 2007;147(6):357-369.
43. Golden SH, Dobs AS, Vaidya D, Szklor M, Gapstur S, et al. Endogenous sex hormones and glucose tolerance status in postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2007;92(4):1289-1295.
44. Oh JY, Barrett-Connor E, Wedick NM, Wingard DL. Endogenous sex hormones and the development of type 2 diabetes in older men and women: the rancho Bernardo study. *Diabetes Care* 2002;25(1):55-60.
45. Soriguer F, Morcillo S, Hemando V, Valdes S, de Adana MS, et al. Type 2 diabetes mellitus and other cardiovascular risk factors are no more common during menopause: longitudinal study. *Menopause* 2009;16(4):817-821.