



한국 노인의 안정시심박수, 상대 악력 및 당뇨병 유병률의 연관성: 2015–2018 국민건강영양조사 자료를 기반으로

박동혁¹ MS, 홍성현¹ MS, 조원희⁴ MS, 전용관^{1,2,3} PhD

¹연세대학교 스포츠응용산업학과, ²암당뇨운동의학센터[ICONS], ³신촌세브란스 암병원센터, ⁴버팔로 뉴욕주립대학교 보건대학원

Higher Resting Heart Rate and Lower Relative Grip Strength is Associated with Increased Risk of Diabetes in Korean Elderly Population: Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2015-2018

Dong-Hyuk Park¹ MS, Sung-Hyun Hong¹ MS, Wonhee Cho⁴ MS, Justin Y. Jeon^{1,2,3} PhD

¹Department of Sports Industry, Yonsei University, Seoul; ²Exercise Medicine Center for Diabetes and Cancer Patients, Seoul; ³Severance Hospital Cancer Center, Seoul, Korea; ⁴Department of Epidemiology and Environmental Health, State University of New York at Buffalo, New York, USA

PURPOSE: The purpose of this study was to examine the association of resting heart rate (RHR) and relative hand grip strength (RHGS) with diabetes among Korean adult over 65 years old.

METHODS: Cross-sectional analyses were performed using the 2015-2018 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). Among 31,649, a total of 4,814 adults over 65 years old were included in this study. Participants were divided into tertile according to their RHR and RHGS. Statistical methods included frequency analysis, ANCOVA (Analysis of covariance) and logistic regression.

RESULTS: Participants in the 3rd tertile of RHR (RHR over 73 bpm in men, 74 bpm in women) had 2.00 times [95% Confidence Interval (CI): 1.58-2.54] and 1.80 times (95% CI: 1.44-2.26) higher odds of having diabetes in men and women, respectively, compared with participants in the 1st tertile (RHR below 64 bpm in male, 65 bpm in female). Participants in the 1st tertile of RHGS (RHGS below 0.46 in men, 0.31 in women) had 2.51 times (95% CI: 1.76-3.58) and 1.86 times (95% CI: 1.48-2.35) higher odds of having diabetes in men and women, respectively, compared to participants with 3rd tertile (RHGS over 0.54 in men, 0.38 in women). When a joint association of RHR and RHGS with risks of diabetes were analyzed, participants with the highest RHR and the lowest RHGS had 4.23 times (95% CI: 2.74-6.54) and 2.90 times (95% CI: 1.98-4.23) higher odds of having diabetes compared to participants with the lowest RHR and the highest RHGS in men and women, respectively.

CONCLUSIONS: The current study showed that higher RHR and lower RHGS were associated with increased risk of diabetes in Korean elderly population.

Key words: Korean elderly, Resting heart rate, Relative hand grip strength, Diabetes

서론

우리나라 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률은 2001년 8.9%에서 2018

년 12.4%로 증가하였으며 특히, 65세 이상 노인은 2001년 16.6%에서 2018년 25.1%로 증가하여, 노인 4명 중 1명은 당뇨병으로 나타났다[1]. 또한, 당뇨병 환자들은 일반인에 비해 심폐 체력[2,3]과 근력[4,5]이 낮

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

Keywords 한국노인, 안정시 심박수, 상대악력, 당뇨병

Received 4 Sep 2020 **Revised** 6 Nov 2020 **Accepted** 11 Nov 2020

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

았으며, 심폐 체력과 근력이 낮은 사람들은 심폐 체력과 근력이 높은 사람들에 비해 당뇨병 유병률이 높은 것으로 나타났다[6-8]. 이러한 심폐 체력과 근력이 전반적으로 감소하는 노인은 당뇨병 위험이 한층 더 증가하는 것을 알 수 있으며[9,10], 심폐 체력과 근력이 감소한 노인을 대상으로 운동 중재를 적용한다면 당뇨병의 발병을 예방하거나 늦출 수 있다. 그러나 심폐 체력과 근력을 측정하기에 많은 제약이 있다.

심폐 체력을 간접적으로 측정 혹은 예측하는 다양한 방법 중에 안정시심박수는 고가의 장비 없이 스스로 측정할 수 있는 변인이며, 높은 안정시심박수는 다양한 질환의 예측요인으로서 그 가치가 인정되어 많은 연구가 진행되고 있다. Gonzales et al. [11]은 10,865명의 안정시심박수와 최대산소섭취량의 연관성을 분석한 결과, 안정시심박수가 최대산소섭취량과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 그 상관관계는 신체활동 에너지 대사량을 통제한 경우에도 유의하다는 것을 규명하였다. 안정시심박수와 최대산소섭취량간의 유의한 관계는 연령을 세 그룹(<50 year, 50-60 year, >60 year)으로 나누어 분석하였을 때에도, 세 그룹에서 모두 유의하게 나타났다. Gonzales et al. [11]은 6,589명을 6년 동안 추적하여 안정시심박수와 심폐 체력의 변화를 분석한 결과 안정시심박수가 1 bpm (beat per minute) 증가할 때, 최대산소섭취량이 $0.23 \text{ O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이 감소한 것을 규명하여, 안정시심박수가 심폐 체력을 반영할 뿐 아니라, 심폐 체력의 변화까지도 예측할 수 있다는 것을 증명하였다. Emaus et al. [12]은 313명의 안정시심박수와 최대산소섭취량 간의 관계를 분석한 결과 남자와 여자 모두에게서 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다. 이 외에도 여러 인종과 연령의 참여자들을 대상으로 안정시심박수가 체력과 매우 밀접한 상관관계가 있음이 증명되었다[13-15]. 또한, 높은 안정시심박수는 고혈압[16,17], 심장질환[18], 대사증후군[19], 당뇨병[20]의 위험 증가와 매우 밀접한 관계를 가진 것으로 나타나, 다양한 질환의 예측요인으로서 그 가치가 인정되어 다양한 연구가 진행되고 있다[21]. Yang et al. [16]은 국민건강영양조사를 이용하여 20세 이상 성인 남녀 18,640명을 대상으로 안정시심박수 60 bpm 이하인 대상자에 비해서 90 bpm 이상인 대상자는 당뇨병 유병률이 남자의 경우 3.85배 여자인 경우 3.34배 높은 것으로 규명하였고, Kim et al. [17] 또한 건강증진센터프로그램에 참여한 5,124명의 국민건강보험공단 자료를 이용하여 안정시심박수가 가장 높은 1분위에 포함된(69 bpm 미만) 대상자에 비해 4분위(80 bpm 이상)에 포함된 대상자는 당뇨병 유병률이 2.7배 높은 것을 확인하였다.

간편하게 측정이 가능한 안정시심박수가 심폐 체력을 반영한다면, 같은 맥락에서 간편하게 측정할 수 있는 악력은 근육량과 하지 근력을 반영한다[22-25]. 다만, 악력은 악력의 절대값은 나타내는 절대 악력과 악력을 체중으로 나눈 상대 악력으로 표현될 수 있는데, 절대 악력은 대상자의 체중과 정적상관을 가지고 있어, 높은 절대 악력 대상자는 대사성질환의 위험이 오히려 증가하거나, 관계가 없다고 나오는

경우가 많다. 반면에 상대 악력은 같은 절대 악력을 가졌다고 가정할 때에 비만한 대상자들일수록 낮게 측정되기 때문에, 당뇨와 같은 대사성질환과 높은 관련성을 가진다. 한국인을 대상으로 최근 보고된 Byeon et al. [22]의 연구에서는 절대 악력이 대사증후군 유병률과 유의한 관계를 보이지 않았지만, 상대 악력이 높은 삼분위수에 속한 대상자들과 비교해, 낮은 삼분위수에 속한 대상자들은 대사증후군 유병률이 남자 2.52배, 여자 5.01배 증가한다고 보고하였다. 상대 악력은 대사증후군뿐만 아니라, 당뇨병 유병률 및 사망률과도 높은 연관성이 보고되고 있으며[26-28], Lee et al. [29]은 체중당 악력이 1 kg 증가할 때마다 공복혈당, 당화혈색소, 인슐린이 감소한다고 규명하였다.

이러한 연구를 종합해 볼 때에, 상대적으로 손쉽게 측정할 수 있는 안정시심박수와 악력을 이용해 심폐 체력과 근력이 감소한 노인들을 미리 규명한다면, 당뇨병의 위험이 증가하고 있는 노인의 건강증진에 도움을 줄 것으로 사료된다. 특히 기존에 안정시심박수와 상대 악력이 각각 당뇨병 유병률과 연관성을 규명한 연구는 있지만, 동일한 데이터를 기반으로 안정시심박수와 상대 악력이 복합적으로 당뇨병 유병률과 어떤 관계를 가지고 있는지를 규명한 연구는 아직 부족하며, 안정시심박수와 악력이 당뇨병 유병률과 어떤 관계가 있는지 노인들을 대상으로 한 연구는 더욱 부족한 현황이다. 따라서 본 연구의 목적은 첫째, 노인을 대상으로 안정시심박수와 상대 악력이 당뇨병 유병률과 각각 어떠한 관계가 있는지 규명하고, 둘째 안정시심박수와 상대 악력이 복합적으로 당뇨병 유병률과 어떠한 연관성이 있는지 알아보고자 하는데 그 목적이 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2015년부터 2018년도까지 시행된 국민건강영양조사 자료를 이용하였다. 연구 대상은 거주지역과 성별, 그리고 연령 집단에 근거한 다단계 층화 집락(Stratified multi-stage cluster sampling) 복합표본 추출법으로 추출되었으며, 총 768개 표본 조사구 15,936가구를 대상으로 건강 설문조사, 영양 조사 및 검진 조사를 실시하였다. 본 연구는 2015년부터 2018년까지 시행된 국민건강영양조사에 참여한 총 31,649명 중에서, 65세 이상 노인(6,504명)의 자료를 분석하였으며, 65세 이상 노인의 자료 중 당뇨병 유무, 안정시심박수, 악력과 그 외 당뇨병 관련 혈액 변인이 없는 대상자를 제외하고 총 4,818명(남자: 2,206명, 여자: 2,608명)의 자료를 분석하였다. 본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 Table 1A, Table 1B와 같다.

2. 측정 변인

본 연구에서 사용한 국민건강영양조사 데이터에서 측정된 방법은

Table 1A. Characteristics of participants (Men)

	Men n = 2,206	Resting heart rate			p for trend	Relative handgrip strength			p for trend
		1st Tertile (n = 704)	2nd Tertile (n = 703)	3rd Tertile (n = 799)		1st Tertile (n = 732)	2nd Tertile (n = 729)	3rd Tertile (n = 745)	
Diabetes n (%)	645 (29.2)	149 (21.2)	213 (30.3)	283 (35.4)	<.001	275 (37.6)	211 (28.9)	159 (21.3)	<.001
Hypertension n (%)	1,200 (54.4)	381 (54.1)	372 (52.9)	447 (55.9)	.366	448 (61.2)	407 (55.8)	345 (46.3)	<.001
RHR (bpm)	67.7 (0.2)	57.2 (0.16)	66.0 (0.08)	78.3 (0.27)	<.001	68.6 (0.36)	67.2 (0.36)	67.3 (0.41)	.032
AHGS (kg)	32.2 (0.1)	32.7 (0.25)	32.3 (0.25)	31.7 (0.25)	.04	26.3 (0.19)	33.0 (0.16)	37.3 (0.21)	<.001
RHGS (kg/weight)	0.497 (0.002)	0.502 (0.004)	0.496 (0.004)	0.493 (0.004)	.33	0.385 (0.002)	0.499 (0.001)	0.605 (0.002)	<.001
Age (yr)	72.3 (0.1)	72.1 (0.18)	72.1 (0.19)	72.6 (0.17)	.132	74.1 (0.17)	71.9 (0.18)	70.9 (0.18)	<.001
Height (cm)	165.6 (0.1)	165.5 (0.22)	165.7 (0.21)	165.5 (0.21)	.779	165.4 (0.21)	165.7 (0.21)	165.6 (0.22)	.691
Weight (kg)	65.4 (0.2)	65.6 (0.34)	65.7 (0.34)	65.0 (0.34)	.340	68.4 (0.30)	66.1 (0.31)	61.9 (0.36)	<.001
BMI (kg/m ²)	23.8 (0.1)	23.9 (0.10)	23.9 (0.10)	23.7 (0.11)	.241	24.9 (0.09)	24.1 (0.09)	22.5 (0.11)	<.001
Alcohol, n (%)					.392				.358
Never	686 (31.1)	177 (25.1)	227 (32.3)	282 (35.3)		276 (37.7)	195 (26.7)	215 (28.9)	
≤ 1 day/month	801 (36.3)	294 (41.8)	239 (34.0)	268 (33.5)		229 (31.3)	293 (40.2)	279 (37.4)	
2-3 day/week	369 (16.7)	120 (17.0)	123 (17.5)	126 (15.8)		111 (15.2)	116 (15.9)	142 (19.1)	
≥ 4 day/week	350 (15.9)	113 (16.1)	114 (16.2)	123 (15.4)		116 (15.8)	125 (17.1)	109 (14.6)	
Smoking, n (%)					.059				.615
Never	451 (20.4)	140 (19.9)	164 (23.3)	147 (18.4)		151 (20.6)	139 (19.1)	161 (21.6)	
Past	1,366 (61.9)	455 (64.6)	430 (61.2)	481 (60.2)		463 (63.3)	464 (63.6)	439 (58.9)	
Current	389 (17.6)	109 (15.5)	109 (15.5)	171 (21.4)		118 (16.1)	126 (17.3)	145 (19.5)	
Education, n (%)					.105				<.001
Elementary school	871 (39.5)	265 (37.6)	256 (36.4)	350 (43.8)		339 (46.3)	278 (38.1)	254 (34.1)	
Middle school	396 (18.0)	126 (17.9)	131 (18.6)	139 (17.4)		120 (16.4)	118 (16.2)	158 (21.2)	
High school	566 (25.7)	189 (26.8)	186 (26.5)	191 (23.9)		166 (22.7)	205 (28.1)	195 (26.2)	
Complemented Univ.	373 (16.9)	124 (17.6)	130 (18.5)	119 (14.9)		107 (14.6)	128 (17.6)	138 (18.5)	
Income, n (%)					<.001				<.001
Low	521 (23.6)	141 (20.0)	156 (22.2)	224 (28.0)		197 (26.9)	159 (21.8)	165 (22.1)	
Middle low	533 (24.2)	186 (26.4)	165 (23.5)	182 (22.8)		184 (25.1)	159 (21.8)	190 (25.5)	
Middle high	559 (25.3)	173 (24.6)	177 (25.2)	209 (26.2)		164 (22.4)	203 (27.8)	192 (25.8)	
High	593 (26.9)	204 (29.0)	205 (29.2)	184 (23.0)		187 (25.5)	208 (28.5)	198 (26.6)	
Blood									
Glucose (mg/dL)	109.5 (0.6)	104.5 (21.1)	108.8 (23.9)	114.4 (34.2)	<.001	113.9 (0.9)	108.9 (1.0)	105.6 (1.2)	<.001
HbA1c (%)	6.0 (0.02)	5.9 (0.70)	6.0 (0.92)	6.2 (1.17)	<.001	6.2 (0.03)	6.0 (0.03)	5.9 (0.04)	<.001
< 150 min/week PA	1,396 (63.3)	434 (61.6)	439 (62.4)	523 (65.5)	.397	510 (69.7)	454 (62.3)	432 (58.0)	.003
Family history diabetes	294 (13.3)	78 (11.1)	97 (13.8)	119 (14.9)	.071	97 (13.3)	98 (13.4)	99 (13.3)	.891

Data were presented as mean (SE) or N (%). All variables were tested by ANCOVA (Analysis of covariance) or Chi-square test. ANCOVA was performed with age as covariates. Significant differences were found between tertile of RHR, RHGS group ($p < .05$). RHR, Resting Heart Rate; AHGS, Absolute Hand Grip Strength; RHGS, Relative Hand Grip Strength; PA, Physical Activity.

Table 1B. Characteristics of participants (Women)

	Women n = 2,608	Resting heart rate			p for trend	Relative handgrip strength			p for trend
		1st Tertile (n = 1,007)	2nd Tertile (n = 910)	3rd Tertile (n = 691)		1st Tertile (n = 859)	2nd Tertile (n = 872)	3rd Tertile (n = 877)	
Diabetes n (%)	698 (26.8)	218 (21.6)	241 (26.5)	239 (34.6)	<.001	307 (35.7)	216 (24.8)	175 (20.0)	<.001
Hypertension n (%)	1,557 (59.7)	597 (59.3)	522 (57.4)	438 (63.4)	.041	578 (67.3)	526 (60.3)	453 (51.7)	<.001
RHR (bpm)	69.3 (0.2)	60.4 (0.14)	69.7 (0.07)	81.8 (0.26)	<.001	70.1 (0.32)	68.9 (0.31)	69.1 (0.35)	.048
AHGS (kg)	19.2 (0.1)	19.6 (0.14)	19.2 (0.15)	18.6 (0.18)	<.001	14.9 (0.11)	19.4 (0.10)	23.2 (0.12)	<.001
RHGS (kg/weight)	0.342 (0.002)	0.345 (0.003)	0.345 (0.003)	0.333 (0.003)	.024	0.249 (0.002)	0.341 (0.001)	0.434 (0.001)	<.001
Age (yr)	72.5 (0.1)	72.1 (0.16)	72.2 (0.16)	73.4 (0.19)	<.001	74.1 (0.16)	72.4 (0.17)	71.0 (0.17)	<.001
Height (cm)	152.0 (0.1)	152.4 (0.18)	152.2 (0.19)	151.4 (0.22)	.001	151.5 (0.20)	152.2 (0.19)	152.3 (0.19)	.691
Weight (kg)	56.9 (0.2)	57.4 (0.25)	56.4 (0.28)	56.8 (0.36)	.06	60.1 (0.24)	57.0 (0.27)	53.6 (0.31)	<.001
BMI (kg/m ²)	24.6 (0.1)	24.7 (0.10)	24.3 (0.11)	24.8 (0.14)	.78	26.2 (0.09)	24.6 (0.10)	23.1 (0.12)	<.001
Alcohol, n (%)					<.001				<.001
Never	1,578 (60.5)	562 (55.8)	547 (60.1)	469 (67.9)		594 (69.2)	512 (58.7)	472 (53.8)	
≤ 1 day/month	904 (34.7)	390 (38.7)	321 (35.3)	193 (27.9)		226 (26.3)	322 (36.9)	356 (40.6)	
2-3 day/week	80 (3.1)	35 (3.5)	27 (3.0)	18 (2.6)		23 (2.7)	25 (2.9)	32 (3.6)	
≥ 4 day/week	46 (1.8)	20 (2.0)	15 (1.6)	11 (1.6)	.359	16 (1.9)	13 (1.5)	17 (1.9)	.761
Smoking									
Never	2,468 (94.6)	955 (94.8)	859 (94.4)	654 (94.6)		807 (93.9)	826 (94.7)	835 (95.2)	
Past	84 (3.2)	32 (3.2)	32 (3.5)	20 (2.9)		33 (3.8)	25 (2.9)	26 (3.0)	
Current	56 (2.1)	20 (2.0)	19 (2.1)	17 (2.5)	.001	19 (2.2)	21 (2.4)	16 (1.8)	<.001
Education, n (%)									
Elementary school	1,866 (71.5)	705 (70.0)	627 (68.9)	534 (77.3)		688 (80.1)	605 (69.4)	573 (65.3)	
Middle school	336 (12.9)	129 (12.8)	136 (14.9)	71 (10.3)		78 (9.1)	119 (13.6)	139 (15.8)	
High school	282 (10.8)	116 (11.5)	98 (10.8)	68 (9.8)		63 (7.3)	104 (11.9)	115 (13.1)	
Complemented Univ.	124 (4.8)	57 (5.7)	49 (5.4)	18 (2.6)		30 (3.5)	44 (5.0)	50 (5.7)	
Income, n (%)					<.001				<.001
Low	613 (23.5)	216 (21.4)	211 (23.2)	186 (26.9)		216 (25.1)	215 (24.7)	182 (20.8)	
Middle low	651 (25.0)	263 (26.1)	220 (24.2)	168 (24.3)		234 (27.2)	202 (23.2)	215 (24.5)	
Middle high	656 (25.2)	240 (23.8)	246 (27.0)	170 (24.6)		198 (23.1)	220 (25.2)	238 (27.1)	
High	688 (26.4)	288 (28.6)	233 (25.6)	167 (24.2)		211 (24.6)	235 (26.9)	242 (27.6)	
Blood									
Glucose (mg/dL)	106.4 (0.5)	103.3 (21.8)	106.7 (25.5)	110.5 (27.3)	<.001	110.1 (0.8)	105.6 (0.8)	103.6 (0.9)	<.001
HbA1c (%)	6.1 (0.02)	6.0 (0.74)	6.1 (0.91)	6.2 (0.95)	<.001	6.2 (0.03)	6.1 (0.03)	5.9 (0.03)	<.001
< 150 min/week PA	1,914 (73.4)	711 (70.6)	657 (72.2)	546 (79.0)	.178	689 (80.2)	634 (72.7)	591 (67.4)	<.001
Family history diabetes	480 (18.4)	178 (17.7)	176 (19.3)	126 (18.2)	.752	163 (19.0)	160 (18.3)	157 (17.9)	.548

Data were presented as mean (SE) or N (%). All variables were tested by ANCOVA (Analysis of covariance) or Chi-square test. ANCOVA was performed with age as covariates. Significant differences were found between tertile of RHR, RHGS group ($p < .05$). RHR, Resting Heart Rate; AHGS, Absolute Hand Grip Strength; RHGS, Relative Hand Grip Strength; PA, Physical Activity.

다음과 같다[30]. 체구성은 체중(kg), 신장(cm)과 안정시심박수를 이용하였으며, 인구통계학적 변인은 알코올 경험 유무, 흡연 여부(경험 없음, 금연, 흡연 중), 교육수준(초등, 중등, 고등, 대학교 이상), 개인소득(하, 중하, 중상, 상), 신체활동량은 Global physical activity questionnaire (GPAQ)로 한국어로 번역되어(Cohen's kappa: 0.60-0.67) 일, 장소 이동, 여가 신체활동량을 주당 분으로 환산한 후에 합산하여 분석하였다[31]. 당뇨병 가족력은 아버지, 어머니, 형제 중에서 한 분이라도 당뇨병 환자이시면 가족력으로 정의하였다. 고혈압 환자는 의사 진단, 진단 시기, 현재 고혈압 유병 여부, 고혈압 치료 여부, 고혈압으로 인한 활동 제한을 경험한 대상자(설문지)를 묻는 문항에 하나라도 “예”라고 응답한 사람을 고혈압 환자로 정의하였다.

1) 안정시심박수

국민건강영양조사 시 안정시심박수는 대상자가 앉은 상태에서 30분간 동안 측정 관련된 설문지를 작성한 후 5분간 안정 시간을 더 가진 뒤에 오른팔 요골 맥박을 15초간 측정하였으며, 맥박이 불규칙하거나 서맥(15회 미만) 또는 빈맥(26회 이상)일 경우, 추가로 60초간 맥박을 측정하였다[30].

2) 상대 악력

국민건강영양조사 시 악력은 측정하기 전 양손을 3회 정도 흔들고 열손가락 모두를 가볍게 쥐었다 폼다 3회 한 후에 양발을 골반만큼 벌리고 서서 정면을 응시한 후 팔꿈치나 손목을 구부리지 말고 팔이 몸통 부분에 닿지 않은 상태에서 양손을 교차하여 3회를 측정하고 (Takei Digital Grip Strength Dynamometer Model T.K.K.540, TAKEI, Japan) 최대값의 평균을 사용하였으며[30], 본 연구에서는 악력을 체중(kg)으로 나눈 상대 악력을 계산하여 분석에 이용하였다.

4) 혈액검사

국민건강영양조사시 혈액검사는 최소 8시간 이상 금식 후 시행하였으며, 혈액검사를 통해 수집된 항목 중 분석에 사용한 항목은 공복 혈당과 당화혈색소이다[30].

5) 당뇨병

당뇨병의 진단기준은 대상자가 의사 진단, 진단 시기, 현재 당뇨병 유병 여부, 당뇨병 치료 여부, 당뇨병으로 인한 활동 제한을 경험한 대상자(설문지)를 묻는 문항에 하나라도 “예”라고 응답을 하였거나, 혈액검사를 통해 공복혈당 126 mg/dL 이상 또는 당화혈색소 6.5% 이상일 경우 당뇨병으로 진단하여 분석하였다[30,32].

3. 자료처리방법

본 연구에서의 자료 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 25.0 통계 프로그램을 사용하였으며, 통계 분석 내용은 다음과 같다. 안정시심박수와 상대 악력 수준에 따른 남자 노인과 여자 노인의 인구학적 특성 차이를 살펴보기 위하여 남녀를 나누어 안정시심박수와 상대 악력의 삼분위수(tertile)로 나누어 분석하였다. 남자 노인과 여자 노인의 인구학적 특성 차이를 살펴보기 위하여 기술통계량, 빈도분석, 교차분석, 일원배치분산분석(one way-ANOVA) 그리고 공분산 분석(Analysis of covariance)을 실시하였다. 또한 안정시심박수와 상대 악력 수준에 따른 그룹 간에 당뇨병 유병률을 추정하기 위하여 로지스틱 회귀분석(logistic regression analysis)을 실시하였다. 로지스틱 회귀분석은 총 3단계로 나누어 혼란변수를 통제하였다. Model 1은 나이, 몸무게, 교육수준, 월수입(개인), 음주, 흡연, 신체활동량을 통제하였으며, Model 2는 Model 1에 상대 악력(Table 2) 또는 안정시심박수(Table 3)를 추가하여 통제하였으며, Model 3은 Model 2에 포함된 변수들에 추가로 고혈압 환자를 포함하여 분석하였다. 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 안정시심박수 삼분위수에 따른 대상자 특성

안정시심박수 삼분위수에 따른 대상자 특성은 Table 1과 같다. 65세 이상 한국 노인의 안정시심박수를 삼분위수로 나누었을 때, 가장 낮은 그룹에 비해서 안정시심박수가 가장 높은 그룹은 공복혈당(남자: 104.2 ± 20.5 vs. 114.1 ± 34.3 mg/dL, $p < .001$, 여자: 103.3 ± 21.8 vs. 110.6 ± 27.3 mg/dL, $p < .001$)과 당화혈색소(남자: $5.9 \pm 0.7\%$ vs. $6.2 \pm 1.2\%$, $p < .001$, 여자: $6.0 \pm 0.7\%$ vs. $6.2 \pm 1.0\%$, $p < .001$) 남녀 모두 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한, 남자의 경우 안정시심박수가 높을수록 흡연 비율이 높게 나타났고, 소득 수준은 낮은 것으로 나타났으며, 여자의 경우 안정시심박수가 높을수록 교육수준과 소득 수준이 낮은 것으로 나타났다.

2. 상대 악력 삼분위수에 따른 대상자 특성

상대 악력 삼분위수에 따른 대상자 특성은 Table 1과 같다. 65세 이상 한국 노인의 상대 악력을 삼분위수로 나누었을 때, 가장 높은 그룹에 비해서 가장 낮은 그룹의 공복혈당(남자: 105.6 ± 24.6 vs. 113.9 ± 31.4 mg/dL, $p < .001$, 여자: 103.6 ± 26.2 vs. 110.2 ± 27.4 mg/dL, $p < .001$)과 당화혈색소(남자: $5.9 \pm 0.9\%$ vs. $6.2 \pm 1.1\%$, $p < 0.001$, 여자: $5.9 \pm 0.8\%$ vs. $6.2 \pm 0.9\%$, $p < .001$)가 남녀 모두 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한, 상대 악력이 낮을수록 연령, 체중, 허리 둘레 그리고 BMI가 높은 것으로 나타났지만 교육수준과 수입은 낮게 나타났다.

Table 2. Prevalence of diabetes according to resting heart rate (Tertile)

RHR(bpm)	Number of case n (%)	Model 1 OR (95%CI)	Model 2 OR (95%CI)	Model 3 OR (95%CI)
Men (n=2,206)				
1st Tertile (< 64 bpm)	149 (21.2)	1	1	1
2nd Tertile (64-71 bpm)	213 (30.3)	1.62 (1.27-2.07)	1.61 (1.26-2.06)	1.63 (1.27-2.09)
3rd Tertile (> 71 bpm)	283 (35.4)	2.00 (1.58-2.54)	2.00 (1.58-2.53)	2.00 (1.58-2.54)
per 10 increment in RHR		1.33 (1.21-1.47)	1.33 (1.21-1.47)	1.33 (1.21-1.47)
Women (n=2,608)				
1st Tertile (< 65 bpm)	218 (21.6)	1	1	1
2nd Tertile (65-72 bpm)	241 (26.5)	1.34 (1.08-1.66)	1.34 (1.08-1.66)	1.36 (1.10-1.69)
3rd Tertile (> 72 bpm)	239 (34.6)	1.81 (1.45-2.26)	1.80 (1.44-2.25)	1.80 (1.44-2.26)
per 10 bpm increment in RHR		1.30 (1.18-1.42)	1.30 (1.18-1.42)	1.29 (1.17-1.42)

OR, Odds Ratio; 95% CI, 95% Confidence Interval; RHR, Resting heart rate; Model 1, Adjusted for Age, Weight, Alcohol, Smoking, Education, Income, Physical activity, Family history diabetes; Model 2, Adjusted for model 1 variables + Relative handgrip strength; Model 3, Adjusted for model 2 variables + Hypertension.

Table 3. Prevalence of diabetes according to hand grip strength (Tertile)

RHGS	Number of case n (%)	Model 1 OR (95%CI)	Model 2 OR (95%CI)	Model 3 OR (95%CI)
Men (n=2,206)				
3rd Tertile (> .54 kg/weight)	159 (21.3)	1	1	1
2nd Tertile (0.46-0.54 kg/weight)	211 (28.9)	1.53 (1.21-1.95)	1.55 (1.22-1.97)	1.48 (1.16-1.89)
1st Tertile (< .46 kg/weight)	275 (37.6)	2.03 (1.61-2.54)	2.36 (1.76-3.17)	2.51 (1.76-3.58)
per 0.1 kg/weight decrement in RHGS		1.34 (1.22-1.47)	1.45 (1.28-1.64)	1.50 (1.29-1.75)
Women (n=2,608)				
3rd Tertile (> .38 kg/weight)	175 (20.0)	1	1	1
2nd Tertile (0.31-0.38 kg/weight)	216 (24.8)	1.26 (1.00-1.59)	1.28 (1.02-1.61)	1.22 (0.96-1.54)
1st Tertile (< .31 kg/weight)	307 (35.7)	1.99 (1.59-2.49)	2.00 (1.59-2.51)	1.86 (1.48-2.35)
per 0.1 kg/weight decrement in RHGS		1.40 (1.21-1.62)	1.40 (1.21-1.63)	1.35 (1.17-1.57)

OR, Odds Ratio; 95% CI, 95% Confidence Interval; RHGS, Relative hand grip strength; Model 1, Adjusted for Age, Alcohol, Smoking, Education, Income, Physical activity, Family history diabetes; Model 2, Adjusted for model 1 variables + Resting heart rate; Model 3, Adjusted for model 2 variables + Hypertension.

3. 안정시심박수와 당뇨병의 연관성

안정시심박수와 당뇨병의 연관성은 Table 2와 같다. 안정시심박수를 삼분위수로 나누었을 때, 가장 낮은 그룹에 비해 가장 높은 그룹은 당뇨병 유병률이 유의하게 높았다. 나이, 몸무게, 흡연, 교육수준, 신체활동, 당뇨병 가족력을 통제한 Model 1은 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.00배(95%CI: 1.58-2.54, $p < .001$), 여자 1.81배(95%CI: 1.44-2.26, $p < .001$) 더 높았으며, Model 1에 상대 악력을 추가한 Model 2는 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.00배 (95%CI: 1.58-2.53, $p < .001$), 여자 1.80배 (95%CI: 1.44-2.25, $p < .001$) 높았다. 그리고 Model 2에 고혈압 환자를 추가한 Model 3은 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.00배(95% CI: 1.58-2.54, $p < .001$), 여자 1.80배(95% CI: 1.44-2.26, $p < .001$) 더 높고 남녀 모두 안정시심박수가 10 bpm 증가할수록 당뇨병 유병률이 각각 남자 1.33배 (95% CI: 1.21-1.47, $p < .001$), 여자 1.29배 (95% CI: 1.17-1.42, $p < .001$)씩 증가하는 것으로 나타났다(Model 3).

4. 상대 악력과 당뇨병의 연관성

상대 악력과 당뇨병의 연관성은 Table 3과 같다. 상대 악력을 삼분위

수로 나누었을 때, 가장 높은 그룹에 비해 가장 낮은 그룹은 당뇨병 유병률이 유의하게 높았다. 나이, 몸무게, 흡연, 교육수준, 신체활동, 당뇨병 가족력을 통제한 Model 1은 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.03배 (95%CI: 1.61-2.54, $p < .001$), 여자 1.99배(95%CI: 1.59-2.49, $p < .001$) 더 높았으며, Model 1에 안정시심박수를 추가한 Model 2는 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.36배(95%CI: 1.76-3.17), 여자 2.00배(95%CI: 1.59-2.51, $p < .001$) 높았다. 그리고 Model 2에 고혈압 환자를 추가한 Model 3은 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.51배(95% CI: 1.76-3.58, $p < .001$), 여자 1.86 배(95% CI: 1.48-2.35, $p < .001$) 더 높고, 상대 악력이 0.1 감소할수록 당뇨병 유병률은 각각 남자 1.50배(95% CI: 1.29-1.75, $p < .001$), 여자 1.35배 (95% CI: 1.17-1.57, $p < .001$) 증가하는 것으로 나타났다(Model 3).

5. 안정시심박수 및 상대 악력에 따른(Joint association) 당뇨병의 연관성

안정시심박수와 상대 악력을 각각 삼분위수로 나눈 뒤 9그룹으로 만들어 안정시심박수와 상대 악력이 복합적으로 당뇨병 유병률과 어떤 관계가 있는지를 로지스틱 회귀분석을 실시하였다(Fig. 1). 나이, 교

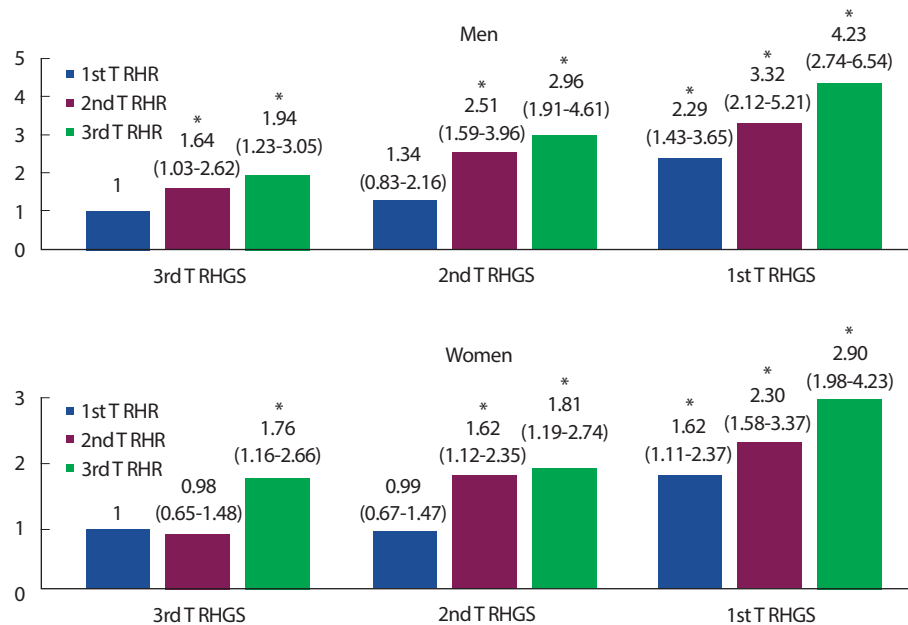


Fig. 1. Joint association of resting heart rate and relative hand grip strength with prevalence of diabetes, * $p < .05$, Adjusted for age, education, income, drinking, smoking, physical activity, family history diabetes, RHGS, Relative hand grip strength; RHR, Resting heart rate; T, Tertile.

육수준, 개인소득, 음주, 흡연, 신체활동량, 가족력, 고혈압 환자를 통제 한 결과, 안정시심박수가 높을수록, 그리고 상대 악력은 낮을수록 당뇨병 유병률이 높을 뿐 아니라, 안정시심박수가 높은 삼분위수에 포함된 대상자들 가운데에서도 상대 악력이 높은 경우 상대적으로 당뇨병 유병률이 낮은 것을 관찰할 수 있으며, 상대 악력이 낮은 삼분위수에 포함된 대상자들 가운데에서도 안정시심박수가 낮으면 당뇨병 유병률이 한층 낮을 것을 확인할 수 있다. 특히, 안정시심박수가 가장 낮고 상대 악력이 가장 높은 그룹에 비해 안정시심박수가 가장 높고 상대 악력이 가장 낮은 그룹이 당뇨병 유병률이 각각 남자 4.23배(95% CI: 2.74-6.54, $p < .001$), 여자 2.90배(95% CI: 1.98-4.23, $p < .001$) 더 높은 것을 확인하였다.

논 의

본 연구 결과 65세 이상 남녀를 대상으로 안정시심박수를 삼분위수로 나누었을 때, 가장 낮은 그룹에 비해 가장 높은 그룹(남자: 78.4 bpm 이상, 여자: 81.9 bpm 이상)은 당뇨병 유병률이 남자의 경우 2.00배 여자의 경우 1.80배 증가한 것을 확인하였다. Park et al. [19]은 2012년 국민건강영양조사 20-90세 5,870명을 대상으로 안정시심박수를 5그룹(60 bpm 미만, 60-69 bpm, 70-79 bpm, 80-89 bpm, 90 bpm 이상)으로 나누어 당뇨병 유병률과 연관성을 분석하였으며, 층화 분석을 통해 65세 미만과 65세 이상(65세 이상 약 1,660명)으로 나누어 안정시심박수와 당뇨병 유병률 간의 관계를 규명하였다. 그 결과 65세 이상 그룹은

안정시심박수가 60 bpm 미만인 그룹에 비해, 90 bpm 이상인 그룹의 당뇨병 유병률은 2.74배 증가한 것을 관찰하였지만, 다른 그룹에서는 유의하게 높지 않았다. 이는 본 연구의 대상자의 안정시심박수 범위가 다르며(가장 높은 삼분위수 평균 남자 78.3 bpm 이상, 여자 81.8 bpm 이상), 대상자 수가 더 많음으로 통계적 유의성이 훨씬 더 높게 나타난 것으로 사료된다. Cho et al. [20]은 본 연구와 유사하게, 평균 나이 54세 10,484명을 대상으로 안정시심박수에 따라 대상자를 삼분위수로 나누어 당뇨병 유병률을 분석하였다. 안정시심박수가 가장 낮은 그룹(71 bpm 이하)에 비해서 가장 높은 그룹(80 bpm 이상)은 당뇨병 유병률이 각각 남자 2.27배 여자 2.73배 높다고 보고하였다. Cho et al. [20]의 안정시심박수 가장 낮은 그룹은 71 bpm 이하 이지만, 본 연구의 안정시심박수 가장 높은 그룹은 남자 72 bpm 이상, 여자 73 bpm 이상으로 나타났다. 이는 65세 미만 성인이 65세 이상 노인에 비해 평균 안정시심박수가 높은 것으로 사료되며, 안정시심박수는 나이에 따라 다르게 분석해야 함을 시사하고 있다.

또한, 안정시심박수는 당뇨병 유병률뿐만 아니라, 전향적 코호트 연구를 통해 당뇨병 발생과도 관련성이 있다는 연구가 최근에 발표되고 있다. Lee et al. [33]은 1992년부터 2012년 동안 40-75세 미국 남자 31,156명을 대상으로 안정시심박수와 당뇨병이 발생한 대상자 수를 추적하여 안정시심박수와 당뇨병 발생률의 관계를 규명하였다. 위 연구에서 1992년 당시 안정시심박수 60 bpm 미만인 대상자에 비해 80 bpm 이상인 대상자들은 당뇨병 발생이 1.69배 높은 것을 확인하였으며 60세 미만과 이상의 대상자를 따로 나누어서 분석 했을 때, 모든 그룹에

서 안정시심박수와 당뇨병 발생률 관계를 관찰하였다(60세 미만 1.74배, 60세 이상 1.61배). 또한, Kim et al. [34]은 평균 나이 52세의 당뇨병 진단을 받지 않은 남녀 5,336명 10년 동안 추적한 종단면 연구에서는 연구 시작 시기와 비교해 2년 내 안정시심박수가 5 bpm 미만으로 증가한 그룹에 비해 10 bpm 이상 증가한 그룹은 당뇨병 발생률이 1.31배 더 높은 것을 관찰하였다. 위 연구의 특이한 점은 연구 시작 당시의 혈당과 당화혈색소 등을 통제했음에도, 안정시심박수의 증가는 당뇨병의 발생률과 높은 상관성을 가졌다는 것이며, 이는 안정시심박수가 연구 시작 시점 혈당 수치와 독립적으로 당뇨병의 발병과 매우 밀접한 관련성을 가지고 있다는 것을 증명하고 있다고 할 수 있다. 따라서, 높은 안정시심박수를 가진 노인들이 당뇨병 환자가 더욱 많다는 본 연구의 결과와 이전에 발표된 연구 결과를 종합적으로 고려해 볼 때, 안정시심박수가 높은 사람들은 현재 당뇨병을 진단받지 않았다고 하더라도 당뇨병의 위험이 클 수 있으므로, 지속해서 관심을 가져야 한다는 점을 시사하고 있다고 할 수 있다[21].

본 연구는 65세 이상 남녀를 대상으로 상대 악력을 삼분위수로 나누었을 때, 가장 높은 그룹에 비해 가장 낮은 그룹은 당뇨병 유병률이 남자의 경우 2.51배, 여자의 경우 1.86배 높은 것을 확인하였다. Peterson et al. [35]은 미국국민건강영양조사에 참여한 20-85세 4,066명을 대상으로 상대 악력과 제2형 당뇨병과의 관계를 분석한 결과, 상대 악력은 당화혈색소, 공복혈당 그리고 2시간 경구당부하검사와 상관관계를 가진다고 보고하였다. 또한, 상대 악력이 0.05 감소하면 당뇨병 유병률(당화혈색소 6.5% 이상)은 1.26배 증가하였으며 또 다른 기준으로 정의된 당뇨병 유병률(공복혈당 126 mg/dL 이상과 2시간 경구당부하검사 200 mg/dL 이상)은 1.18배 증가하였다고 보고하였다. 상대 악력은 혈당뿐만 아니라 인슐린 저항성과 연관성이 있다고 보고되었다. Joo et al. [36]은 2015년 국민건강영양조사에 참여한 19-64세 3,387명을 대상으로, 상대 악력을 사분위수(Quartile)로 나누고 인슐린 저항성(HOMA-IR)과 연관성을 분석한 결과, 상대 악력이 가장 낮은 그룹에 비해 상대 악력이 가장 높은 그룹은 인슐린 저항성의 β 값이 전체 -0.25 남자 -0.31, 여자 -0.16으로 보고하였다. 이는 상대 악력이 인슐린 민감도와 연관성을 나타냄으로 당뇨병 유병률과 연관성이 있는 것으로 사료된다.

악력을 몸무게로 나눈 상대 악력으로 표현할 때는 근력뿐만 아니라 비만도 반영될 수 있으므로, 당뇨병과 연관성을 보이는 것으로 사료된다. 동일한 근력을 가진다고 하더라도 비만한 사람들은 상대 악력이 낮을 수밖에 없으므로, 이런 부분을 고려하여 상대 악력과 당뇨병 유병률 간의 관계를 해석할 때는 주의를 기울여야 한다. Byeon et al. [22]은 국내 성인들을 대상으로 절대 악력과 대사증후군 간의 관계를 조사하였을 때, 두 요인 간에 상관성을 전혀 발견하지 못하였으나 악력을 체중으로 나눈 상대 악력을 사용하였을 때에 악력과 대사증후군 간의 매우 유의한 관계가 있음을 관찰하였다. 상대 악력은 악력과 체

중을 함께 포함하고 있고 비만이 대사증후군과 당뇨병 위험을 높인다는 것을 고려할 때, 악력을 상대 악력 혹은 절대 악력으로 표현함에 따라 다른 결과가 관찰될 수 있다. 따라서 낮은 상대 악력을 가진 노인들이 당뇨병 환자가 더욱 많다는 본 연구 결과와 이전에 발표된 연구 결과를 종합적으로 고려해 볼 때, 상대 악력이 낮은 사람들은 현재 당뇨병을 진단받지 않았다고 하더라도 당뇨병의 위험이 클 수 있으므로 지속해서 관심을 가져야 한다는 점을 시사하고 있다.

본 연구에서는 국내 65세 이상 남녀 노인을 대상으로 안정시심박수와 상대 악력이 각각 당뇨병 유병률과 연관성이 있음을 규명하였으며, 또한 복합적으로 안정시심박수가 가장 낮고 상대 악력이 가장 높은 그룹에 비해 안정시심박수가 가장 높고, 상대 악력이 가장 낮은 그룹에서 당뇨병 유병률이 남자는 4.23배, 여자는 2.90배 더 높은 것을 확인하였다. 이는 안정시심박수가 가장 낮은 그룹에 비해 가장 높은 그룹의 당뇨병 유병률이 남자는 2.00배, 여자는 1.80배 증가한 것과 상대 악력이 가장 높은 그룹에 비해 가장 낮은 그룹의 당뇨병 유병률이 남자는 2.51배, 여자는 1.86배 증가한 것과 비교된다. 즉 안정시심박수 혹은 상대 악력만 가지고 당뇨병 유병률을 예측하는 것보다 두 개의 변수를 복합적으로 분석하여 당뇨병 유병률을 예측할 때에 더욱 당뇨병 유병률의 예측력을 높일 수 있다. 다만, 이러한 복합 분석은 안정시심박수와 상대 악력 중에 어느 요인이 당뇨병 유병률과 더 높은 관계를 갖고 있는가를 규명한 것은 아니고, 안정시심박수와 상대 악력 모두 복합적으로 당뇨병 유병률과 관계가 있다는 것을 기술적으로 분석한 것임으로 복합 분석의 결과 해석에 주의가 요구된다.

위 결과를 종합해 볼 때, 안정시심박수와 상대 악력은 심폐 기능과 근력의 지표로서 활용 가치를 보여주며 우리나라 65세 노인들의 당뇨병 예방 및 관리를 위해 안정시심박수를 낮추고 근력을 증진하는 생활습관을 제시하는 것이 더 효과적인 것을 알 수 있었다. 안정시심박수는 언제 어디에서든지 시계만 있으면 측정할 수 있으며 악력은 보건소에서 5분 내외로 측정할 수 있다. 또한, 최근 스마트기기를 이용하여 심박수와 걸음 수 등을 쉽게 측정할 수 있게 되었고 앞으로 더 많은 측정들을 통해 본인의 건강상태를 손쉽게 객관적인 지표로 확인할 수 있다면 당뇨병뿐만 아니라 다른 질병 예방에 도움이 될 것이다.

안정시심박수와 상대 악력이 당뇨병 유병률과 매우 밀접한 관계를 가지는 기전은 각각 다음과 같다. 안정시심박수는 심폐 체력[11] 뿐 아니라 비만[37], 흡연[38], 음주[39], 스트레스[40]와 같이 당뇨병의 위험을 증가시키는 요인들과 높은 상관관계를 가진다. 따라서, 안정시심박수가 높은 사람들일수록 당뇨병 유병률이 증가할 뿐만 아니라, 향후 당뇨병 발생과 더 나아가 심혈관질환[18]으로 인한 사망 역시 증가한다. 상대 악력은 그 특성상 대상자의 악력만 반영하는 것이 아니라 비만도 역시 반영한다. 낮은 근력과 높은 비만도는 당뇨병의 위험을 증가시킨다는 것을 고려할 때에, 상대 악력이 낮은 대상자가 당뇨병 유병률

이 높은 것은 당연한 결과라고 할 수 있다. 따라서 간편하게 측정할 수 있는 안정시심박수와 상대 악력 측정을 통해서, 아직 당뇨를 진단받지 않은 노인들을 대상으로 당뇨 위험도를 예측하고, 당뇨 위험도가 증가한 노인들을 대상으로 근력 운동과 유산소 운동을 권유하여 당뇨 발생을 예방하는 전략을 사용할 수도 있을 것이다.

본 연구의 제한 점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 단면 연구로서 변인들 간의 인과관계를 정확히 파악하기 어렵다. 둘째, 국민건강영양조사시 당뇨병을 정의함에 있어, 제1형과 제2형 당뇨병을 구분하지 않았기 때문에, 본 연구에서는 1형과 2형을 모두 포함하여 분석하였지만 우리나라 제1형 당뇨병 유병률이 10만 명당 1.36명으로 본 연구 데이터에서 제1형 당뇨병 환자는 0-1명으로 추정된다[41]. 셋째, 본 연구의 대상자를 바탕으로 분석한 결과로 우리나라 65세 이상 노인 모두 설명하기 어렵다. 하지만 본 연구는 거주지역과 성별, 그리고 연령 집단에 근거한 다단계 층화 집락 복합 표본 추출법을 통하여 선정된 대상자로 65세 이상 남녀 노인의 안정시심박수, 상대 악력이 당뇨병 유병률의 연관성을 조사한 연구로 그 가치를 지닌다.

결론

본 연구는 당뇨병의 위험이 증가해 있는 65세 이상 남녀 노인을 대상으로 안정시심박수와 상대 악력이 각각 당뇨병 유병률과 관련성이 있는 것을 규명하였다. 특히 높은 안정시심박수와 낮은 상대 악력이 각각 독립적으로 높은 당뇨병 유병률과 관련성이 있지만, 안정시심박수가 높음과 동시에 상대 악력이 낮은 경우 당뇨병 유병률이 한층 더 증가한 것을 확인하였다. 따라서, 안정시심박수가 높으며 상대 악력이 낮은 노인의 경우 더욱 당뇨병 위험이 증가한다는 것을 고려하여 적극적인 관리가 필요함을 알 수 있다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: W Cho, J Jeon; Formal analysis: S Hong; Methodology: W Cho; Visualization: S Hong; Writing-original draft: J Jeon; Writing-review & editing: J Jeon.

ORCID

Dong-Hyuk Park	https://orcid.org/0000-0001-7978-4271
Sung-Hyun Hong	https://orcid.org/0000-0002-7632-9414
Wonhee Cho	https://orcid.org/0000-0003-3850-1495
Justin Jeon	https://orcid.org/0000-0001-7978-4271

REFERENCES

1. Korea statistics 2020; Retrieved from. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_11702_N102&conn_path=I2.
2. Carnethon MR, Sternfeld B, Schreiner PJ, Jacobs DR, Lewis CE, et al. Association of 20-year changes in cardiorespiratory fitness with incident type 2 diabetes: the coronary artery risk development in young adults (CARDIA) fitness study. *Diabetes Care*. 2009;32(7):1284-8.
3. Lee DC, Sui X, Church TS, Lee IM, Blair SN. Associations of cardiorespiratory fitness and obesity with risks of impaired fasting glucose and type 2 diabetes in men. *Diabetes Care*. 2009;32(2):257-62.
4. Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, Kuller LH, Broudeau R, et al. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes Care*. 2007;30(6):1507-12.
5. Leenders M, Verdijk LB, van der Hoeven L, Adam JJ, Van Kranenburg J, et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(8):585-92.
6. 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. *J Phys Act Health*. 2010;7(5):627-32.
7. Sui X, Hooker SP, Lee IM, Church TS, Colabianchi N, et al. A prospective study of cardiorespiratory fitness and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care*. 2008;31(3):550-5.
8. Zaccardi F, O'Donovan G, Webb DR, Yates T, Kurl S, et al. Cardiorespiratory fitness and risk of type 2 diabetes mellitus: A 23-year cohort study and a meta-analysis of prospective studies. *Atherosclerosis*. 2015;243(1):131-7.
9. Kim SM, Lee J, Lee J, Na J, Han J, et al. Prevalence of diabetes and impaired fasting glucose in Korea: Korean national health and nutrition survey 2001. *Diabetes Care*. 2006;29(2):226-31.
10. Ryan AS. Insulin resistance with aging. *Sports Medicine*. 2000;30(5):327-46.

11. Gonzales TI, Jeon JY, Lindsay T, Westgate K, Perez-Pozuelo I, et al. Resting heart rate as a biomarker for tracking change in cardiorespiratory fitness of UK adults: the fenland study. *Med Rxiv*. 2020.
12. Emaus A, Degerstrom J, Wilsgaard T, Hansen BH, Dieli-Conwright CM, et al. Does a variation in self-reported physical activity reflect variation in objectively measured physical activity, resting heart rate, and physical fitness? Results from the Tromso study. *Scand J Public Health*. 2010;38:105-18.
13. Jensen MT, Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Elevated resting heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the copenhagen male study. *Heart*. 2013;99(12):882-7.
14. Silva DAS, Lima TRd, Tremblay MS. Association between resting heart rate and health-related physical fitness in brazilian adolescents. *Biomed Res Int*. 2018;2018.
15. de Araújo JA, Queiroz MG, Novelli FI, Tricot GK, Dias ARL, et al. Aerobic fitness influences rest and heart rate recovery on young men regardless of body mass index. *Sport Sci Health*. 2017;13(1):217-23.
16. 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. *Clin Chim Acta*. 2016;455:195-200.
17. 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):1757-62.
18. Aune D, Sen A, óHartaigh B, Janszky I, Romundstad PR, et al. Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality—a systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017;27(6):504-17.
19. Park H, Lee J, Kim JY, Kim DI, Jeon JY. The Relationship between resting heart rate and prevalence of metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus in korean adults: the fifth korea national health and nutrition examination survey (2012). *Korean J Obes*. 2015;24(3):166-74.
20. Cho W, Kim DI, Min JH, Jeon JY. The association of resting heart rate and muscularendurance and prevalence with Type 2 diabetes in korean adults. *Exerc Sci*. 2017;26(4):259-66.
21. Park DH, Jeon JY. The prognostic value of resting heart rate for health status. *Exerc Sci*. 2020;29(1):24-33.
22. Byeon JY, Lee MK, Yu MS, Kang MJ, Lee DH, et al. Lower relative handgrip strength is significantly associated with a higher prevalence of the metabolic syndrome in adults. *Metab Syndr Relat Disord*. 2019; 17(5):280-8.
23. Kim CR, Jeon YJ, Kim MC, Jeong T, Koo WR. Reference values for hand grip strength in the South Korean population. *PloS one*. 2018;13(4): e0195485.
24. Spruit MA, Sillen MJ, Groenen MT, Wouters EF, Franssen FM. New normative values for handgrip strength: results from the UK Biobank. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(10):775. e775-775. e711.
25. Bohannon RW, Magasi SR, Bubela DJ, Wang YC, Gershon RC. Grip and knee extension muscle strength reflect a common construct among adults. *Muscle Nerve*. 2012;46(4):555-8.
26. Kim KS, Park KS, Kim MJ, Kim SK, Cho YW, et al. Type 2 diabetes is associated with low muscle mass in older adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2014;14:115-21.
27. Celis-Morales CA, Petermann F, Hui L, Lyall DM, Iliodromiti S, et al. Associations between diabetes and both cardiovascular disease and all-cause mortality are modified by grip strength: Evidence from UK biobank, a prospective population-based cohort study. *Diabetes Care*. 2017;40(12):1710-8.
28. Lopez-Jaramillo P, Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Bosch J, Dyal L, et al. Association of handgrip strength to cardiovascular mortality in pre-diabetic and diabetic patients: a subanalysis of the ORIGIN trial. *Int J Cardiol*. 2014;174(2):458-61.
29. Lee MR, Jung SM, Bang H, Kim HS, Kim YB. Association between muscle strength and type 2 diabetes mellitus in adults in korea: data from the korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) VI. *Medicine*. 2018;97(23).
30. Korea National Health And Nutrition Examination Survey guideline book 2016; Retrieved from https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_02_02.do?classType=4.
31. Lee J, Lee C, Min J, Kang DW, Kim JY, et al. Development of the korean global physical activity questionnaire: reliability and validity study. *Glob. Health Promot*. 2020;27(3):44-55.
32. American Diabetes Association 2019; Retrieved from <https://www.diabetes.org/a1c/diagnosis>.
33. Lee DH, de Rezende LFM, Hu FB, Jeon JY, Giovannucci EL. Resting heart rate and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and meta-analysis. *Diabetes Metab Res Rev*. 2019;35(2):e3095.
34. Kim G, Lee YH, Jeon JY, Bang H, Lee BW, et al. Increase in resting heart rate over 2 years predicts incidence of diabetes: a 10-year prospective study. *Diabetes Metab*. 2017;43(1):25-32.
35. Peterson MD, Zhang P, Choksi P, Markides KS, Al Snih S. Muscle weakness thresholds for prediction of diabetes in adults. *Sports Medi-*

- cine. 2016;46(5):619-28.
36. Joo SH, The association of handgrip strength and insulin resistance in Korean adults: the 6th (2015) Korea national health and nutrition examination survey. 2018, Yonsei University.
37. Lindmark S, Lönn L, Wiklund U, Tufvesson M, Olsson T, et al. Dysregulation of the autonomic nervous system can be a link between visceral adiposity and insulin resistance. *Obes. Res* 2005;13(4):717-28.
38. Linneberg A, Jacobsen RK, Skaaby T, Taylor AE, Fluharty ME, et al. Effect of smoking on blood pressure and resting heart rate: a mendelian randomization meta-analysis in the CARTA consortium. *Circ Cardiovasc Genet*. 2015;8(6):832-41.
39. Conrod PJ, Peterson JB, Pihl RO, Mankowski S. Biphasic effects of alcohol on heart rate are influenced by alcoholic family history and rate of alcohol ingestion. *Alcohol Clin Exp Res*. 1997;21(1):140-9.
40. Shalev AY, Sahar T, Freedman S, Peri T, Glick N, et al. A prospective study of heart rate response following trauma and the subsequent development of posttraumatic stress disorder. *Arch Gen Psychiatry*. 1998;55(6):553-9.
41. Shin CH. Epidemiologic characteristics of type 1 diabetes in children aged 14 years or under in Korea, 1985-2000. *Korean J. Pediatr*. 2008;51(6):569-75.