

# 베타글루칸 섭취와 근력운동이 성인여성의 체력, 혈액지질 및 인슐린저항성에 미치는 영향

강성미<sup>1</sup> · 김현준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 대학원 박사과정 학생, <sup>2\*</sup>경남대학교 체육교육학과 교수

## The Effects of Bete-Glucan Intake and Strength Exercise on Physical Strength, Blood Lipid and Insulin Resistance in Adult Women

Sung-Mi Kang, MS<sup>1</sup> · Hyun-Jun Kim, Ph.D<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Ph.D-Student

<sup>2\*</sup>Dept. of Physical Education, Kyungnam University, Professor

### Abstract

**Purpose** : This study aimed to determine the effects of a 12-week program of beta-glucan intake and muscle strengthening exercises on the body composition, physical fitness, blood lipids, insulin and insulin resistance of adult women.

**Methods** : For this study, 45 adult women were selected and divided into two groups : the experimental group (n= 25), which received a combination of beta-glucan and strength exercise, and the control group (n= 20), which received only strength exercise. The program was conducted for 50 minutes three times a week for 12 weeks.

**Results** : Several significant differences were found in both groups pre-to post program. First, in both groups, there were significant differences in hip circumferences (p<.05). Second, the results showed significant improvements in left grip strength and sit-ups achieved (p<.05), right grip strength (p<.001). Third although the results show no significant post-program differences in either group, there was a significant pre-to post-program difference in free fatty acids in both groups (p<.05). Fourth, the results show no significant differences in insulin or insulin resistance in either group, nor do they show any significant differences between the groups.

**Conclusion** : The above results indicate that both groups exhibited decreased hip circumference and increased muscle strength (left grip strength) and muscle endurance. Furthermore, they indicate that when the beta-glucan intake and exercises were combined, the effects were more pronounced. Finally, because both groups exhibited significant increases in fat-free mass, muscle mass, skeletal muscle mass, muscle strength (right grip strength), and coordination as well as decreases in free fatty acids, it can be concluded that both the combined program of beta-glucan intake and exercise and a program of exercise alone can positively affect these outcomes.

**Key Words** : beta-glucan, blood lipids, insulin resistance, physical strength, strength exercise

\*교신저자 : 김현준, mb611@hanmail.net

제출일 : 2024년 4월 5일 | 수정일 : 2024년 5월 21일 | 게재승인일 : 2024년 5월 24일

## I. 서론

국내 당뇨 유병인구는 2020년을 기준으로 30세 이상 성인의 약 17 %이며 전체 인구 중 526만 명이다(Korean diabetes association, 2022). 생활양식의 변화와 비만 인구의 증가는 당뇨병의 중요도를 계속해서 증가시키고 있다(International diabetes federation, 2019).

폐경을 전후한 연령대의 여성은 호르몬의 변화로 복강 내 지방축적으로 인한 비만도가 급속히 높다(Ko & Kim, 2020). 비만은 인슐린저항성의 근본적인 원인이라고 하였으며 이로 인한 인슐린저항성과  $\beta$ -세포 기능장애는 제2형 당뇨병을 발병시킨다(Ferrannini, 1998; Mu 등, 2018).

효과적인 당뇨병 관리를 위한 방법으로 약물요법, 식이요법 그리고 운동요법이 있다(Son 등, 2017). 일반적으로 당뇨병환자의 식이요법에서 하루 25~50 g의 섬유질 섭취를 권장하고 있는데 섬유질이 당 흡수를 지연시키기 때문이다(Anderson 등, 2003). 귀리나 보리 등 곡물은 당 지수가 낮아 당뇨병환자의 당 대사 개선에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며(Brand-Miller 등, 2003), 귀리겨 40 g 이하 또는 오트밀 60 g 이하의 하루 섭취가 권장된다(Vetvicka & Vetvickova, 2018). 이런 곡물에 함유되어 있는 베타글루칸에 대한 연구와 관심이 증대되고 있다.

베타글루칸( $\beta$ -glucan)은 복합다당류에 속하는 기능성 소재로서 버섯류에서 다량 존재하며, 다양한 곡류의 외피 등에서도 발견된다. 미국 식품의약처는 콜레스테롤 감소 식품으로 베타글루칸을 등록하였고, 하루 3 g 복용을 권장하고 있다(Murphy 등, 2020). 어린이를 대상으로 베타글루칸을 사용한 연구에서 호흡기 감염 발생률과 독감의 빈도가 크게 감소하였고(Jesenak 등, 2013), 노인을 대상으로 베타글루칸 보충제 섭취 연구에서 면역력이 향상되었다(Fuller 등, 2017). 식약처로부터 면역증진 기능을 인정받은 베타글루칸은 뼈 건강 효능이 입증되어 비타민D 생성에 도움을 준다(Kim 등, 2011).

규칙적인 운동요법은 비만뿐만 아니라 당뇨병 환자의 인슐린저항성을 개선한다(Laakso & Kuusisto, 2014). 근력운동은 근육량을 증가시키고 기초대사량을 증가시킴으로써 혈당수치를 감소시키는데 효과가 있고(Kang,

2014), 유산소운동은 근육량의 증가를 유도해 기초대사량을 향상시키기에는 제한적이다(Lee & Kim, 2015).

당뇨병의 수많은 새로운 치료법의 개발에도 불구하고, 잘 조절된 당뇨병 환자의 비율은 기대만큼 높지 않은 현실이다(Chaterigeet 등, 2017). 식이와 운동요법의 복합치료를 통한 당뇨병의 효과적인 관리 방법 제시가 필요할 실정이다. 이와 관련한 선행연구를 살펴 본 바, 식이교육과 운동요법을 병행한 선행연구에서 식이교육운동군과 운동군이 대조군에 비해 혈당이 현저히 감소되었다(Kim 등, 2017). 이는 영양과 운동을 복합적으로 관리하는 것의 중요성을 나타내며 복합치리에 관한 추가적 연구의 필요성을 시사한다. 노인을 대상으로 베타글루칸을 섭취하면서 근력운동을 실시하여 근기능 개선의 효과성을 보고한 선행연구가 있으나(Shin 등, 2021), 성인여성을 대상으로 베타글루칸 섭취와 근력운동이 당뇨 관련 인자에 미치는 효과를 검증한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 12주간 베타글루칸 섭취와 짐스틱(Gym-stick)을 이용한 근력운동의 영양운동 복합프로그램을 실시하여 성인여성의 대상자의 특성 및 신체조성, 체력, 혈액지질, 인슐린 및 인슐린저항성에 미치는 효과에 대해 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 경남 C시 지역주민 중 본 연구의 목적, 내용, 프로그램 진행 절차, 채혈을 포함한 측정 절차에 관한 설명을 충분히 듣고 연구 참여에 동의하고 자발적으로 신청한 성인여성을 대상으로 하였다. 최근 6개월 사이 심근경색, 심뇌혈관, 뇌졸중, 악성종양이 있는 자, 조절되지 않는 고혈압, 당뇨병이 있는 자를 제외하여 연구를 진행하였다. 대상자 수는 G\*Power 3.0을 이용하여 검정력(1-2중 오류 $[\beta]$ )=.80, 유의 수준( $\alpha$ )=.05, 효과 크기( $f$ )=.35로 계산한 결과 본 연구에서는 44명이 필요하여, 탈락율(약 20 %)을 고려하여 총 53명을 선정하였다. 중도포기자와 참여율 미달로 인한 탈락자 8명을 제외하고 45명으로 결과를 분석하였다. 집단의 분류는 단순무

작위배정(simple randomization)을 통하여 실험군(glucan exercise group; GEG, 25명)과 대조군(placebo exercise group; PEG, 20명)으로 분류하여 영양운동 복합프로그램

을 12주간 주 3회, 회당 50분 실시하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of study subjects

Group	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
GEG (n= 25)	63.20±7.21	157.12±4.00	57.68±5.68	23.35±2.36
PEG (n= 20)	63.30±8.20	156.35±5.76	57.87±8.96	23.68±3.46

Values are the means±SD, GEG; glucan exercise group, PEG; placebo exercise group

## 2. 실험설계 및 절차

대상자 모집 후 신체조성, 체력, 혈중지질, 인슐린을 사전측정하고 영양운동 복합프로그램(12주 주 3회 50분/1회) 후 동일 항목을 측정하여 측정의 시기별(사전, 사후), 집단별(실험군, 대조군) 차이를 비교하고자 설계되었다.

## 3. 측정항목 및 방법

### 1) 신체 조성

10시간 금식 후 프로그램 사전, 사후 2회 체성분 분석기(InBody 720, Biospace Co, Korea)로 측정하였으며 해당 측정항목은 체중, BMI, 체지방량, 체지방률, 제지방량, 제지방률, 근육량, 뼈대근육량, 뼈미네랄량이다. 허리둘레 측정방법은 WHO 기준으로 직립 자세에서 갈비뼈의 최하부와 엉덩뼈능선의 중간 부위에서 측정하였고, 엉덩이 둘레 측정방법은 선 자세에서 줄자를 두덩뼈 위로 지나 엉덩이의 가장 돌출한 부위에서 측정하였다.

### 2) 체력 측정

측정항목은 유연성(앉아 윗몸 앞으로 굽히기), 근력(왼쪽 악력, 오른쪽 악력), 근지구력(윗몸일으키기), 평형성(한 발 서기), 협응력(10 m 장애물 보행), 심폐지구력(6분 보행)이다. Chae(2021)가 참고한 운동능력 조사 보고서의 신체 체력테스트 방법을 근거로 하여 측정하였다.

### 3) 혈액분석

공복 10시간을 유지하여 그 다음날 오전 7~8시에 간 호사가 혈액을 채취하였다. 프로그램 사전, 사후 2회에 걸쳐 각각 동일한 방법으로 좌식 자세에서 약 5 ml를 주정맥(cubital vein)에서 채혈하였고, 이후 항응고제(ethyl diamine tetra acetate; EDTA)와 LFT tube(liver function test)로 처리한 진공 채혈관에 4 ml 담고, PromocaTM, ATGen이 함유된 NK Vue<sup>®</sup> Kit, ATGen 전용 튜브에 1 ml를 담았다. 채혈된 4 ml의 정맥혈은 상온에서 원심분리로 혈청을 분리하고, 1 ml의 정맥혈은 37℃에서 20~24시간 배양한 후, 상등액 IFN- $\gamma$ 가 분비될 때까지 -70℃ 환경에서 보관하였으며, 분석 전 냉동 보관된 혈청을 상온에서 녹여 사용하였다. 총 콜레스테롤(total cholesterol; TC), 중성지방(triglyceride; TG), 고밀도 콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol; HDL-C), 저밀도 콜레스테롤(low-density lipoprotein; LDL-C), 혈당(glucose)의 분석은 Cobas 8000 c702(Roche, Germany)를 이용하여 분석하였고, 인슐린(insulin)분석은 Cobas 8000 e801(Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다. 모든 분석은 의료법인 녹십자의료재단에 분석을 의뢰하였다. 인슐린저항성은 Matthews 등(1985)이 제시한 아래의 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{HOMA-IR} = [\text{공복 인슐린 mU/L} \times \text{공복 혈당 mg/dL}] / 405$$

## 4. 베타글루칸 섭취

베타글루칸 분말은 (주)G사의 흑효모 유래(Aureobasidium pullulans SM 2001) 배양액 분말로써 기능성 원료(KFDA,

제2011-2호)와 안정성(FDA, GRAS, GRN 000309) 인증을 받은 안전한 제품이며, 섭취량에 대한 안정성은 Shin 등 (2021)의 연구를 근거로 본 연구에서는 1일 1회 1,000 mg (500 mg 2캡슐)을 물과 함께 아침 식후 섭취하였다.

위약은 백색의 분말을 포함한 (주)G사의 캡슐 형태로 1일 1회 1,000 mg을 물과 함께 아침 식후 섭취하였다.

5. 운동프로그램

본 연구의 운동프로그램은 중강도 근지구력 운동프로그램으로 12주간 주 3회 1일 50분 짐스틱(Gym-stick)으로 구성하였고, 운동시간, 빈도, 강도의 설정은 ACSM(2018)

을 참고하여 표 2와 같이 구성하였다. 근지구력 운동으로는 탄력밴드를 활용한 짐스틱(Gym-stick) 운동을 진행하였으며, 1~4주 동안은 가벼움(light) 강도 RPE 11~12, 5~12주 동안은 약간 힘들(somewhat hard) 강도 RPE 13~14로 설정하였고, 운동 빈도는 주 3회(월, 수, 금)로 하여 1일 50분씩 실시하였다. 피험자의 적응 정도와 근력의 향상 정도에 따라 점진적으로 탄력밴드의 길이와 반복 횟수(8~12회) 및 세트 수(1~3세트)를 늘리면서 실시하였다. 근지구력 운동 전, 후 스트레칭을 각 10분간 실시하였다.

Table 2. Strength exercise program

Other	Contents	Period (weeks)	Intensity	Time (min)
Warm-up	stretching & walking			10
Main (Strength exercise)	Gymstick	1~4	RPE	30
	① squat		11~12	
	② shoulder press		(8~12 number × 1~2 set)	
	③ scapula retraction			
	④ curl up	5~12	RPE	
	⑤ hip extension		13~14	
	⑥ bent over low		(8~12 number × 2~3 set)	
	⑦ triceps extension			
	⑧ biceps curl			
	⑨ good morning exercise			
⑩ high knee				
Cool down	breathing & stretching			10
Total				50

6. 자료 분석

연구의 통계처리는 SPSS Ver. 20.0 통계프로그램을 사용하여 측정항목의 평균값(M), 표준편차(SD)를 산출하여 통계 처리하였다. 그룹 간 동질성 검증은 독립표본 t 검정(independent t-test)로 분석하였고, 분석결과 사전동질성이 확보된 경우 각 집단 내 전·후 차이검증은 대응표본 t검정(paired t-test)로 하였으며, 집단 간의 차이 검증은 이원반복분산분석(two-way repeated measures) ANOVA로 분석하였다. 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 신체조성의 변화

12주 영양운동 복합프로그램에 따른 신체조성의 분석 결과는 다음과 같다(Table 3). 엉덩이 둘레에서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후분석한 결과 실험군이 사전값 95.25 cm에서 사후값 92.81 cm로 대조군보다 감소하였다(p<.05). 상호작용 효과가 나타나지는 않았지만 허리 둘레, 뼈미네랄량에서 시기 간 주효과가 나타나 사후 분석 한 결과 실험군에서 허리 둘레 사전값 81.86 cm에

서 사후값 78.60 cm로 감소하였고( $p<.001$ ), 뼈미네랄량이 사전값 2.66 kg에서 사후값 2.71 kg로 증가하였다( $p<.01$ ). 제지방량, 근육량, 뼈대근육량에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석 한 결과 두 집단 모두에서 제지방량, 근육량, 뼈대근육량이 증가하였다( $p<.05$ ).

## 2. 체력의 변화

12주 영양운동 복합프로그램에 따른 체력의 분석 결과는 다음과 같다(Table 4). 왼쪽 악력, 윗몸일으키기에

Table 3. Changes in body composition

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Weight (kg)	GEG (n= 25)	57.68±5.68	58.10±5.68	A	4.93	.032 <sup>#</sup>
	PEG (n= 20)	57.87±8.96	58.21±9.55	B	.00	.947
				A*B	.05	.812
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	GEG (n= 25)	23.35±2.36	23.41±2.35	A	.64	.427
	PEG (n= 20)	23.68±3.46	23.77±3.59	B	.15	.699
				A*B	.01	.891
Waist Circumference (cm)	GEG (n= 25)	81.86±7.06	78.60±7.04 <sup>***</sup>	A	5.73	.021 <sup>#</sup>
	PEG (n= 20)	84.02±7.37	83.58±9.10	B	2.74	.105
				A*B	3.30	.076
Hip Circumference (cm)	GEG (n= 25)	95.25±4.28	92.81±4.94 <sup>***</sup>	A	16.27	.000 <sup>###</sup>
	PEG (n= 20)	96.69±5.42	96.03±6.24	B	2.36	.132
				A*B	5.37	.025 <sup>#</sup>
% Body fat (%)	GEG (n= 25)	34.53±4.36	34.08±4.27	A	4.72	.035 <sup>#</sup>
	PEG (n= 20)	34.39±5.85	33.20±6.67	B	.11	.741
				A*B	.94	.336
Body fat mass (kg)	GEG (n= 25)	20.08±4.08	20.06±4.03	A	1.04	.313
	PEG (n= 20)	20.23±6.26	19.79±6.51	B	.00	.968
				A*B	.83	.365
% Fat free mass (%)	GEG (n= 25)	65.29±4.75	65.82±4.26	A	4.40	.042 <sup>#</sup>
	PEG (n= 20)	65.58±5.89	66.54±6.39	B	.10	.748
				A*B	.35	.555
Fat free mass (kg)	GEG (n= 25)	37.53±3.16	38.12±2.73 <sup>*</sup>	A	11.56	.001 <sup>###</sup>
	PEG (n= 20)	37.64±4.05	38.42±4.87 <sup>*</sup>	B	.03	.853
				A*B	.22	.635
Soft lean mass (kg)	GEG (n= 25)	35.40±2.91	35.88±2.59 <sup>*</sup>	A	11.15	.002 <sup>###</sup>
	PEG (n= 20)	35.45±3.80	36.17±4.60 <sup>*</sup>	B	.02	.869
				A*B	.48	.491
Skeletal muscle mass (kg)	GEG (n= 25)	20.14±1.83	20.46±1.63 <sup>*</sup>	A	14.12	.001 <sup>###</sup>
	PEG (n= 20)	20.14±2.38	20.66±2.86 <sup>*</sup>	B	.02	.882
				A*B	.87	.356
Mineral (kg)	GEG (n= 25)	2.66±0.21	2.71±0.20 <sup>**</sup>	A	9.56	.003 <sup>###</sup>
	PEG (n= 20)	2.66±0.30	2.70±0.34	B	.01	.908
				A*B	.05	.816

Values are the means±SD, GEG; glucan exercise group, PEG; placebo exercise group, A; time, B; group, A×B; time×group, \*; paired t-test, \*;  $p<.05$ , \*\*;  $p<.01$ , \*\*\*;  $p<.001$ , #; two-way repeated measures ANOVA, #;  $p<.05$ , ##;  $p<.01$ , ###;  $p<.001$

서 유의한 상호작용 효과가 발생하여 사후분석한 결과 실험군만 왼쪽 악력 사전값 22.65 kg에서 사후값 25.08 kg로 증가하였고, 실험군만 윗몸일으키기에서 사전값 4.56 에서 사후값 8.20 으로 증가하였다(p<.05). 오른쪽 악력, 10 m 장애물 보행에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한 결과 두 집단 모두 오른쪽 악력에서 증가하였고(p<.001), 10 m 장애물 보행에서 감소하였다(p<.001). 한 발 서기에서 시기 간 주효과가 나타나 사후분석한 결과 실험군만 사전값 72.51초에서 사후값 95.47초로 증가하였다(p<.001). 6분 보행 주효과가 나타나 사후분석한 결과 대조군만 사전값 569.0 m에서 사후값 584.25 m로 증가하였다(p<.05).

3. 혈액지질의 변화

12주 영양운동 복합프로그램에 따른 혈액지질의 분석

결과는 다음과 같다(Table 5). 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았으나, 유리지방산에서 시기 간 주효과가 나타났다(p<.01). 사후분석한 실험군은 사전값 505.84 μ Eq/l 에서 사후값 411.20 μ Eq/l 로 감소하였고(p<.05), 대조군은 사전값 459.65 μ Eq/l 에서 사후값 363.20 μ Eq/l 로 감소하였다(p<.05).

4. 인슐린 및 인슐린저항성의 변화

12주 영양운동 복합프로그램에 따른 인슐린 및 인슐린저항성의 분석 결과는 다음과 같다(Table 6). 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았으나 사후분석한 결과 두 집단 모두 증가하는 경향이 나타났다.

Table 4. Changes in physical strength

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Sit-and-reach test	GEG (n= 25)	14.75±8.11	15.94±7.52	A	.87	.354
	PEG (n= 20)	13.59±11.84	13.55±10.92	B	.40	.528
Left handgrip strength	GEG (n= 25)	22.65±3.44	25.08±3.54***	A*B	1.00	.322
	PEG (n= 20)	21.55±3.87	22.42±4.14	A	19.41	.000###
Right handgrip strength	GEG (n= 25)	23.60±3.84	25.77±4.26***	B	3.17	.082
	PEG (n= 20)	22.16±4.71	23.48±5.40*	A*B	4.37	.042#
Sit-up	GEG (n= 25)	4.56±5.75	8.20±6.87***	A	22.79	.000###
	PEG (n= 20)	4.85±5.53	6.25±7.48	B	2.03	.161
Single-leg stance	GEG (n= 25)	72.51±42.43	95.47±37.41**	A*B	1.36	.249
	PEG (n= 20)	64.84±43.11	72.81±37.13	A	28.72	.000###
10 m Obstacle gait	GEG (n= 25)	17.38±2.15	14.63±2.15***	B	.19	.661
	PEG (n= 20)	17.67±3.72	15.79±2.85***	A	12.07	.001###
6-Minute walk	GEG (n= 25)	591.40±33.11	619.40±75.94	A	1.84	.182
	PEG (n= 20)	569.00±49.40	584.25±46.88*	A*B	2.83	.099

Values are the means±SD, GEG; glucan exercise group, PEG; placebo exercise group, A; time, B; group, A×B; time×group, \*; paired t-test, \*; p<.05, \*\*; p<.01, \*\*\*; p<.001, #; two-way repeated measures ANOVA, #; p<.05, ##; p<.01, ###; p<.001

Table 5. Changes in blood lipids

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Total cholesterol (mg/dl)	GEG (n= 25)	203.36±36.90	199.12±39.14	A	1.67	.203
	PEG (n= 20)	199.90±37.46	193.30±43.46	B	.17	.675
				A*B	.07	.780
Triglyceride (mg/dl)	GEG (n= 25)	98.08±45.20	92.44±31.87	A	.19	.665
	PEG (n= 20)	101.25±49.41	112.05±55.04	B	.86	.358
				A*B	1.92	.172
High density lipoprotein-Cholesterol (mg/dl)	GEG (n= 25)	57.84±10.45	56.68±10.99	A	.05	.813
	PEG (n= 20)	60.75±16.22	62.50±17.36	B	1.23	.273
				A*B	1.38	.246
Low density lipoprotein-Cholesterol (mg/dl)	GEG (n= 25)	126.12±35.77	124.96±37.42	A	1.87	.179
	PEG (n= 20)	119.60±40.26	110.95±44.70	B	.83	.366
				A*B	1.09	.302
Free fatty acid ( $\mu$ Eq/l )	GEG (n= 25)	505.84±271.83	411.20±174.94*	A	10.22	.003 <sup>##</sup>
	PEG (n= 20)	459.65±149.84	363.20±114.91*	B	.90	.346
				A*B	.00	.976
Glucose (mg/dl)	GEG (n= 25)	86.36±21.17	88.96±17.08	A	.67	.417
	PEG (n= 20)	92.05±24.82	91.65±17.58	B	.49	.484
				A*B	1.25	.270

Values are the means±SD, GEG; glucan exercise group, PEG; placebo exercise group, A; time, B; group, A×B; time×group, \*; paired t-test, #; p<.05, \*\*; p<.01, \*\*\*; p<.001, #; two-way repeated measures ANOVA, #; p<.05, ##; p<.01, ###; p<.001

Table 6. Changes in insulin

Variable	Group	Pre	Post	Source	F	p
Insulin (uU/ml)	GEG (n= 25)	6.28±3.03	6.36±2.57	A	1.93	.172
	PEG (n= 20)	6.76±2.97	10.45±14.64	B	1.73	.195
				A*B	1.77	.190
Insulin Resistance (uU/ml)	GEG (n= 25)	1.34±0.68	1.41±0.64	A	1.94	.170
	PEG (n= 20)	1.66±1.29	2.49±3.67	B	2.21	.144
				A*B	1.40	.242

Values are the means±SD, GEG; glucan exercise group, PEG; placebo exercise group, A; time, B; group, A×B; time×group, \*; paired t-test, #; two-way repeated measures ANOVA

#### IV. 고 찰

12주간 베타글루칸 섭취와 근력운동의 영양운동 복합 프로그램을 통한 성인여성의 신체조성, 체력, 혈액지질, 인슐린 및 인슐린저항성에 대한 효과를 검증하고자 하

였다.

본 연구의 결과 엉덩이 둘레에서 집단 간 유의한 차이가 나타났고, 제지방량, 근육량, 뼈대근육량에서 두 집단 내 모두 유의한 차이가 나타났다.

이는 밴드운동을 통한 당뇨 노인여성의 신체조성의

유의한 효과가 나타난 선행연구들(Kang & Ryu, 2014; Lee, 2018)과 유사한 결과이다. 베타글루칸을 섭취한 선행연구에서 베타글루칸 투여 집단에서 뼈 무게 감소가 억제되고 뼈무기질량이 증가되었다고 한 Shin 등(2007)의 선행연구는 본 연구와 유사한 결과이다. 제지방량, 근육량, 뼈대근육량에서 두 집단 내 모두 유의한 차이가 나타난 결과는 제공된 영양의 영향보다 근력운동이 인체에 미치는 영향이 컸기 때문으로 사료된다. 이는 본 연구에서 제공된 베타글루칸의 일일섭취량이 1 g으로 소량 섭취하였기 때문으로 판단되는데, Lim 등(2018)의 베타글루칸을 섭취한 선행연구에서 일일 6 g의 베타글루칸 섭취가 신체조성에 긍정적으로 유의한 차이가 나타났다고 보고하였으며, 본 연구와 선행연구의 결과를 비교하였을 때 섭취량에 따라 미치는 영향이 달라질 수 있다고 판단된다. 본 연구의 신체조성의 변화에서 베타글루칸은 엉덩이 둘레에 효과가 있는 것으로 나타났고, 근력운동은 제지방량, 근육량, 뼈대근육량에 효과가 있는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과 근력운동이 미치는 영향이 크므로 베타글루칸의 섭취량을 증가시키고 장기적으로 식이를 관리하는 추가적인 연구를 통해 대상자의 신체조성에 긍정적인 변화를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

노화의 진행과 밀접한 관계가 있는 근감소증은 근력의 약화, 균형 능력 감소를 초래하여 일상생활활동 저하와 낙상 등에 관련이 있고, 이러한 복합적 요인들은 삶의 질을 결정한다(Park & Jeong, 2017). 지속적인 근기능의 감소로 낙상의 위험에 노출되면 수명 단축에 영향을 미치므로(De Buyser 등, 2016) 근력과 근지구력의 중요성이 강조되고 있다.

본 연구의 결과 실험군의 근력(왼쪽 악력), 근지구력에서 집단 간 유의한 차이가 나타났다. 이는 영양운동 복합프로그램을 실시하여 체력을 분석한 Shin 등(2021)의 선행연구와 유사한 결과이다. 근력 증진은 체지방량 감소와 밀접한 관련이 있으며(Lee 등, 2017), 근육은 총 에너지 소비량을 증가시켜 인슐린저항성을 개선시킨다(Jung 등, 2017). 신체의 한 부위의 근력은 다른 부위의 근력과 매우 밀접한 관련이 있는데, 특히 악력은 다리의 근력을 대용할 수 있으며 악력 변수 단독으로도 다리 근력과 비슷하게 건강 관련 예후를 예측할 수 있다(Jang &

Ryu, 2020). 또한 악력은 당뇨병 발병을 예측할 수 있는 중요 요인으로 허리 둘레, 공복혈당, 인슐린 HOMA-IR, 당화혈색소 등 당뇨 위험요인과 음의 상관관계를 보인다(Kim & Jung, 2017). 베타글루칸은 근기능 관련 호르몬 AMPK 활성화에 효과적이며(Lim 등, 2018), AMPK의 활성화는 단백질의 발현량을 증가시켜 근육 생성을 증가시킨다(Kanagasabapathy 등, 2014). 본 연구의 결과 근력(왼쪽 악력)과 근지구력의 집단 간 유의한 차이는 성인 여성의 신체기능 향상과 체력관리 측면에서 의미 있는 결과로 사료된다. 이는 베타글루칸 섭취가 성인여성의 근력(왼쪽 악력)과 근지구력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤기 때문으로 사료되며, 베타글루칸을 섭취하면서 근력운동을 실시한 영양운동 복합프로그램의 시너지 효과로 판단된다.

혈액지질은 혈액 속에 있는 지방의 총량을 의미하고, 인슐린저항성이 높으면 중성지방으로부터 유리지방산의 동원이 억제된다(Park & Yoon, 2018).

본 연구의 결과 베타글루칸 섭취와 근력운동의 복합 프로그램을 실시한 집단과 근력운동프로그램을 실시한 집단 모두에서 유리지방산이 유의하게 감소하였다. Kim(2020)은 비만 중년여성을 대상으로 실시한 유산소 운동에서 혈액지질에 유의한 차이가 없다고 보고하였고, Kim 등(2022)도 비만 성인남성을 대상으로 실시한 8주간 근력운동 트레이닝 후 TC, 유리지방산에 유의한 변화가 나타나지 않았다고 하였다. 노인을 대상으로 베타글루칸을 섭취하며 근력운동을 실시한 Shin 등(2021)도 혈액지질에서 유의한 감소가 나타나지 않았으나, 베타글루칸 섭취군에서 감소하는 경향이 나타났고 위약군에서 증가하는 경향이 나타났다고 보고하였다. 반면 경미한 고콜레스테롤증이 있는 참가자를 대상으로 베타글루칸의 식이연구를 실시한 Wang 등(2017)은 베타글루칸이 콜레스테롤 저하에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 동물실험을 통해 베타글루칸 식이 효과를 연구한 Fang 등(2024), Guo 등(2023), Hong 등(2015)은 베타글루칸군에서 유리지방산의 농도 감소를 보고하였고, Son 등(2015)은 비만 여중생을 대상으로 실시한 자색고구마 섭취와 복합운동의 효과에 관한 연구에서 실험군에서 혈액지질과 인슐린저항성에서 긍정적으로 유의한 결과를 보고하였다. Park과 Yoon(2018)은 비만 아동을 대상으로

실시한 12주간 댄스스포츠 운동에서 유리지방산과 인슐린저항성에 긍정적으로 유의한 차이를 보고하였다. 이처럼 선행연구들은 다양한 결과를 보고하였다.

체지방 과다 축적은 유리지방산을 활성화 시켜 염증 세포 경로를 제공하여 인슐린저항성을 초래한다(Byun & Park, 2018). 그러나 운동은 지방조직에서 지방대사를 활성화시켜 근육에서 포도당과 유리지방산 이용을 촉진시키므로(Park & Yoon, 2018), 근력운동을 통한 신체활동의 증가가 중요하다. 따라서 본 연구의 결과 두 집단 모두에서 유리지방산이 유의하게 감소한 것은 두 집단 모두 근력운동의 긍정적인 영향으로 판단된다.

인슐린은 혈당조절 호르몬으로써 간에서의 당원분해를 촉진하며 지방조직에서 지방분해효소 활성을 억제하고, 중성지방의 저장을 촉진하여 지방대사의 사용을 감소시킨다(Kwak, 2015). 인슐린의 결핍이 발생하게 되면 다량의 조직에서 포도당 흡수가 저하되고 간에서 방출되는 포도당의 양이 증가하여 고혈당 상태인 당뇨병을 발생시킨다(Perelis 등, 2015). 베타글루칸은 소화 효소인 알파 아밀라제와 알파 글루코시다제를 억제하여 탄수화물 소화를 감소시킴으로써 혈당 감소에 효과적이다(Wan 등, 2021).

본 연구에서 인슐린 및 인슐린저항성의 수치가 통계적으로 유의한 결과를 나타내지는 못하였으나, 실험군보다 대조군이 인슐린의 수치가 상승하는 결과가 나타났다. Park 등(2023)은 보리의 베타글루칸 섭취가 당노가 아닌 대상자의 혈당을 유의하게 개선하였다고 하였고, Shin(2019)은 비만 청소년을 대상으로 12주간 복합운동을 실시하여 인슐린저항성에 감소가 나타났다고 하였다. Yoon 등(2020)은 당뇨병 노인을 대상으로 10주 복합운동 프로그램을 실시하여 인슐린저항성에 유의한 차이가 나타나지 않았음을 보고하였다. 이와 같이 인슐린과 관련된 연구결과는 다양하게 나타나고 있다.

본 연구에서 인슐린과 인슐린저항성에서 유의한 차이가 나타나지 않은 원인을 살펴보았을 때, 본 연구에 참여한 대상자들은 당뇨병환자가 아니라 모두 정상적인 혈당 수치를 유지하는 대상자였기 때문에 사료된다. 그러나 본 연구에서 근력운동만 실시한 집단에서 인슐린 수치가 증가하는 경향이 나타났고, 베타글루칸을 섭취하며 근력운동을 실시한 집단에서는 인슐린 수치가 사전

의 값과 유사한 수치에서 계속해서 유지되고 있는 것에 대해 살펴볼 필요가 있다고 판단된다. 왜냐하면 인체는 노화로 인하여 체력 수준 저하와 더불어 만성질환의 발병률이 높아지는데(Kim & Oh, 2017), 본 연구의 대상자들 또한 노화로 인한 인슐린의 생리적 기능이 감소되는 동질성을 가진 집단 간에서 베타글루칸을 섭취한 집단에서는 유사한 값의 수치가 유지되는 경향이 나타났기 때문이다. 이는 대상자의 노화로 인한 인체의 부정적인 기능 감소의 한 부분으로 여겨지는 인슐린 수치의 증가가 베타글루칸을 섭취함으로써 지연되고 있다고 사료된다. 이러한 점으로 미루어보아 추후 연구에서 연구대상자를 다양하게 설정하고, 베타글루칸의 섭취량과 섭취기간을 재설정하여 인슐린과 인슐린저항성에서 베타글루칸의 효과를 검증할 필요가 있다고 사료된다.

## V. 결 론

12주 베타글루칸 섭취와 근력운동의 영양운동 복합프로그램을 통해 성인여성의 신체조성, 체력, 혈액지질, 인슐린 및 인슐린저항성의 변화량 차이를 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 12주 영양운동 복합프로그램 후 신체조성의 변화는 엉덩이 둘레에서 유의한 차이가 나타났다.
- 2) 12주 영양운동 복합프로그램 후 체력의 변화는 왼쪽 악력, 윗몸일으키기에서 유의한 차이가 나타났다.
- 3) 12주 영양운동 복합프로그램 후 혈액지질의 변화는 모든 항목에서 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.
- 4) 12주 영양운동 복합프로그램 후 인슐린 및 인슐린저항성의 변화는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

종합적으로 연구 결과를 검토하여 볼 때 본 연구에서는 12주 베타글루칸 섭취와 근력운동의 영양운동 복합프로그램 후 성인여성의 엉덩이 둘레, 근력(왼쪽 악력), 근지구력을 개선시키는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 베타글루칸 섭취와 근력운동을 복합적으로 제공하

는 것과 근력운동만을 제공하는 것에 차이가 있음을 시사하며 영양과 운동이 복합적으로 제공될 때 시너지 효과가 발생하여 보다 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 나타낸다. 다만 처치 후 인슐린, 인슐린저항성에서 집단 간의 긍정적인 효과가 나타나지 않은 부분은 베타글루칸 처치방법(섭취량설정, 섭취기간설정)과 운동처치방법(대상자설정, 운동기간설정, 운동계획, 운동강도)의 제한점이 있었던 것으로 판단되며, 추후 연구에서는 이러한 제한점을 다양하게 시도하여 인슐린, 인슐린저항성에 미치는 효과 및 호르몬의 기능을 향상시키는 기전을 더 명확하게 파악할 필요가 있음을 제안한다.

### 참고문헌

American College Sports Medicine(2018). ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. 10th ed. American College of Sports Medicine. pp.217-225.

Anderson JW, Kendall CW, Jenkins DJ(2003). Importance of weight management in type 2 diabetes: review with meta-analysis of clinical studies. *J Am Coll Nutr*, 22(5), 331-339. <https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719316>.

Brand-Miller J, Hayne S, Petocz, P, et al(2003). Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes care*, 26(8), 2261-2267. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.8.2261>.

Byun YH, Park WY(2018). The role of myokine (interleukin) and exercise for the prevention of sarcopenia and anti-inflammation. *Journal of Oil Applied Science*, 35(2), 509-518. <https://doi.org/10.12925/JKOCs.2018.35.2.509>.

Chae JU(2021). Effects of 12-week resistance exercise and beta-glucan intake on body composition, isokinetic muscle function, and muscle metabolism-related hormones in the elderly. Graduate school of Kyungnam University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Chatterjee S, Khunti K, Davies MJ(2017). Type 2 diabetes, *The Lancet*, 389(10085) 2239-2251, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30058-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30058-2).

De Buysler SL, Petrovic M, Taes YE, et al(2016). Validation of the FNIH sarcopenia criteria and SOF frailty index as predictors of long-term mortality in ambulatory older men. *Age Ageing*, 45(5), 602-608. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw071>.

Fang W, Jin M, Qi W, et al(2024). Caffeic acid combined with arabinoxylan or  $\beta$ -glucan attenuates diet-induced obesity in mice via modulation of gut microbiota and metabolites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131683. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131683>.

Ferrannini E(1998). Insulin resistance versus insulin deficiency in non-insulin-dependent diabetes mellitus: problems and prospects. *Endocr Rev*, 19(4), 477-490. <https://doi.org/10.1210/edrv.19.4.0336>.

Fuller R, Moore MV, Lewith G, et al(2017). Yeast-derived  $\beta$ -1,3/1,6 glucan, upper respiratory tract infection and innate immunity in older adults, *Nutrition*, 39-40, 30-35, <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.03.003>.

Guo H, Wu H, Kong X, et al(2023). Oat  $\beta$ -glucan ameliorates diabetes in high fat diet and streptozotocin-induced mice by regulating metabolites. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 113, 109251 <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2022.109251>.

Hong KH, Kim HS, Jang KH, et al(2015). The improvement effects of  $\beta$ -glucan on adiposity and serum lipids levels in high fat diet-induced obese rats. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(6), 3973-3981. <https://doi.org/10.5762/kais.2015.16.6.3973>.

Jang W, Ryu HK(2020). Association of low hand grip strength with protein intake in Korean female elderly: based on the seventh Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES VII), 2016-2018. *Korean J Commun Nutr*, 25(3), 226-235. <https://doi.org/10.5720/kjcn.2020.25.3.226>.

Jesenak M, Majtan J, Rennerova Z, et al(2013).

- Immunomodulatory effect of pleuran ( $\beta$ -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections, *International Immunopharmacology*, 15(2), 395-399, <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.11.020>.
- Jung SW, Seo MW, Kim SW, et al(2017). Osteosarcopenic obesity is associated with reduced functional fitness, isokinetic muscle strength and relationships among irisin, adipokines and bone metabolism markers in elderly women. *Korean J Sport Sci*, 28(2), 285-299. <https://doi.org/10.24985/kjss.2017.28.2.285>.
- Kanagasabapathy G, Chua KH, Malek SNA, et al(2014). AMP-activated protein kinase mediates insulin-like and lipo-mobilising effects of  $\beta$ -glucan-rich polysaccharides isolated from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.), Singer mushroom, in 3T3-L1 cells. *Food Chem*, 145, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.051>.
- Kang SJ(2014). The effect of Sarcopenia index, inflammation cytokine and insulin resistance in aerobic and resistance exercise of frail elderly women. *The Korean Journal of Physical Education*, 53(2), 497-508.
- Kang SJ, Ryu BH(2014). Effects of combined exercise on HbA1c, cardiovascular disease risk factors, and physical fitness in elderly women with type 2 diabetes mellitus. *The Official Journal Korean Academy of Kinesiology*, 16(2), 21-30. <https://doi.org/10.15758/jkak.2014.16.2.21>.
- Kim DH, Yoon SJ, Kim ES, et al(2022). The effects of 8-week low-volume high intensity interval exercise on leptin, blood lipid and resting metabolic rate in obese men. *The Korean Journal of Physical Education*, 61(5), 135-147. <https://doi.org/10.23949/kjpe.2022.9.61.5.11>.
- Kim HY, Kwak YS, Sung GD, et al(2017). Effect of 12 weeks combined exercise and nutrition education on body composition, liver function, serum lipids and insulin resistance in obese middle-aged woman. *J Life Sci*, 27(7), 817-825. <https://doi.org/10.5352/JLS.2017.27.7.817>.
- Kim JH, Jung IK(2017). Relationship between physical activity and diabetic parameter in obese adult men - based on 6th Korean national health and nutrition examination survey (KNHANES). *Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, 31(2), 187-205, <https://doi.org/10.16915/jkapesgw.2017.06.31.2.187>.
- Kim MG, Ha KC, Back HI, et al(2011). Effects of polycan on bone metabolism in healthy perimenopausal women: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Korean Journal Clinical Pharmacy*, 21(4), 297-304.
- Kim SH(2020). Effects of spinning exercise training on blood lipid, insulin resistance, leptin and ghrelin in middle-aged obese women. *Asian Journal of Physical Education of Sport Science*, 8(3), 55-64. <https://doi.org/10.24007/ajpess.2020.8.3.005>.
- Kim YW, Oh SH(2017). Meta-analysis of the effects of regularly exercise on fitness and body composition in elderly people. *The Korean Journal of Physical Education*, 56(1), 753-769. <http://doi.org/10.23949/kjpe.2017.01.56.1.56>.
- Korean Diabetes Association(2022), *Diabetes Fact Sheet In Korea* pp.7.
- Ko SH, Kim HS(2020). Menopause-associated lipid metabolic disorders and foods beneficial for postmenopausal women. *Nutrients*, 12(1), 202. <https://doi.org/10.3390/nu12010202>.
- Kwak HB(2015). Skeletal muscle mitochondria and insulin resistance: the role of exercise. *Korean J Obes*, 24(2), 78-86. <https://doi.org/10.7570/kjo.2015.24.2.78>.
- Laakso M, Kuusisto J(2014). Insulin resistance and hyperglycaemia in cardiovascular disease development. *Nat Rev Endocrinol*, 10(5), 293-302. <https://doi.10.1038/nrendo.2014.29>.
- Lee HB(2018). The effects of a circuit training intervention on health management in aged women with type 2 diabetes. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 12(3), 151-160, <https://doi.org/10.21184/jkeia.2018.4.12.3.151>.
- Lee SJ, Kim WJ(2015). Effects of circuit resistance exercise on insulin resistance in obese middle-aged

- women. *Teachers and Education*, 34(0), 17-32.
- Lee WJ, Seo SW, Lee HS(2017). Effects of low intensity resistance training speed on body composition, muscle activity and muscle strength in obese middle-aged women. *The Korean Journal of Physical Education*, 56(4), 575-584. <https://doi.org/10.23949/kjpe.2017.07.56.4.39>.
- Lim J, Lee Y, Cho H, et al(2018). Extracellular polysaccharides purified from *aureobasidium pullulans* SM-2001 (Polycan) inhibit dexamethasone-induced muscle atrophy in mice. *International Journal of Molecular Medicine*, 41, 1245-1264. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3251>.
- Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, et al(1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and  $\beta$ -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28, 412-419.
- Mu L, Zhao Y, Lai Y, et al(2018). Insulin resistance and  $\beta$ -cell dysfunction and the relationship with cardio-metabolic disorders among women with polycystic ovary syndrome. *Clin Endocrinol*, 89(6), 779-788. <https://doi.org/10.1111/cen.13832>.
- Murphy EJ, Rezoagli E, Major I, et al(2020).  $\beta$ -glucan metabolic and immunomodulatory properties and potential for clinical application. *Journal of Fungi*. 6(4):356. <https://doi.org/10.3390/jof6040356>.
- Park AR, Jeong KS(2017). Influence of subjective health status, social activity and family support on subjective quality of life of elderly in a community. *The Journal of the Korea Contents Association*, 17(3), 212-221. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.03.212>.
- Park GJ, Yoon HK(2018). The effects of dance sport exercise on blood lipids and HOMA-IR for obese children. *The Korean Society of Sports Science*, 27(2), 787-794, <https://doi.org/10.35159/kjss.2018.06.27.2.787>.
- Park MJ, Kim KJ, Park SY, et al(2023). Effects of barley  $\beta$ -glucan on postprandial blood glucose responses: A systematic review and meta-analysis. *Korean journal of food science and technology*, 55(4), 282-291, <https://doi.org/10.9721/KJFST.2023.55.4.282>.
- Perelis M, Marcheva B, Moynihan RK, et al(2015). Pancreatic  $\beta$  cell enhancers regulate rhythmic transcription of genes controlling insulin secretion. *Science*, 350(6261), Printed Onlined. <https://doi.org/10.1126/science.aac4250>.
- Shin HD, Yang KJ, Park BR, et al(2007). Antiosteoporotic effect of polycan, [beta]-glucan from *aureobasidium*, in ovariectomized osteoporotic mice. *Nutrition*, 23(11-12), 853-860. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2007.08.011>.
- Shin JS(2019). The effects of 12-week combined exercise on obesity index, energy substrates, insulin resistance and CRP in obese youth. *The Korean Journal of Physical Education*, 28(5), 789-797, <https://doi.org/10.35159/kjss.2019.10.28.5.789>.
- Shin JS, Kim HJ, Chae J, et al(2021). Preventing effects of exopolymers purified from *aureobasidium pullulans* (EAP) supplementation and resistance exercise on muscle aging and loss in the Korean elderly: a randomized controlled trial. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 13, 237-250. <https://doi.org/10.1007/s13530-021-00090-w>.
- Son AH, Koh JY, Lee DK, et al(2017). Review of domestic experimental studies of Korean medicine treatment for diabetes mellitus since 2013. *Korean J Inter Med*, 38(1), 10-19. <https://doi.org/10.22246/jikm.2017.38.1.10>.
- Son WM, Kim DY, Sung KD, et al(2015). Effects of purple sweet potato intake and aerobic combined exercise on health related fitness, blood lipid profile and insulin resistance. *Journal Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(11), 7524-7533. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.11.7524>.
- Vetvicka V, Vetvickova J(2018). Glucans and cancer: comparison of commercially available  $\beta$ -glucans-part IV. *Anticancer research*, 38(3), 1327-1333. <https://doi.org/10.21873/anticancer.12355>.
- Wan Y, Xu X, Gilbert RG, et al(2022). A Review on the Structure and Anti-Diabetic (Type 2) Functions of  $\beta$ -Glucans. *Foods*, 11(1), 57. <https://doi.org/10.3390/foods11010057>.

- Wang Y, Harding SV, Thandapilly SJ, et al(2017). Barley  $\beta$ -glucan reduces blood cholesterol levels via interrupting bile acid metabolism. *British Journal of Nutrition*. 118(10):822-829. <https://doi.org/10.1017/S0007114517002835>.
- Yoon KS, Kim KA, Lee MG(2020). Effects of a 10-week combined exercise training on insulin resistance, cardiovascular function, and endothelial function in elderly with type 2 diabetes. *The Korean Journal of Physical Education*, 59(3), 363-374. <https://doi.org/10.23949/kjpe.2020.5.59.3.363>.
- Yoo YS, Lee KS, Cho KH, et al(2009). Effect of barley on variation of blood glucose and lipid metabolism. *Korean J Fam Med*, 30(10), 790-795. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2009.30.10.790>.
- International Diabetes Federation(2019). Available at [https://diabetesatlas.org/upload/resources/material/20191217\\_165723\\_2019\\_IDF\\_Advocacy\\_Guide\\_KO.pdf](https://diabetesatlas.org/upload/resources/material/20191217_165723_2019_IDF_Advocacy_Guide_KO.pdf)/ Accessed December 1, 2020.