



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

운동행태와 인슐린저항성의 연관성:

Triglyceride와 Glucose Index 활용

연세대학교 보건대학원
보건정책관리학과 보건정책관리전공
박 태 희

운동행태와 인슐린저항성의 연관성:

Triglyceride와 Glucose Index 활용

지도 박 은 철 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함




2020년 6월

연세대학교 보건대학원

보건정책관리학과 보건정책관리전공

박 태 희

박태희의 보건학 석사학위 논문을 인준함

심사위원 박 은천 
심사위원 남 경오 
심사위원 장 성인 

연세대학교 보건대학원

2020년 6월

차 례

국문요약

I. 서론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적	3
II. 문헌고찰 및 이론적 배경	6
2.1 당뇨병	6
2.2 당화혈색소	9
2.3 Triglyceride와 Glucose 지수	12
2.4 운동의 종류	13
III. 연구 방법	16
3.1 연구 설계	16
3.2 연구 대상	16
3.3 변수 선정 및 정의	17
3.4 분석방법	20
IV. 연구 결과	21
4.1 연구대상의 일반적 특성과 TyG 지수결과	21
4.2 신체 활동과 TyG 지수 사이의 상관 관계 조사를 위한 다변수 회귀분석 결과	25

4.3 신체 활동의 유형과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석을 위한 다변수 회귀분석 결과	28
4.4 신체 활동 강도와 TyG 지수 간 연관 관계 분석을 위한 하위집단 회귀 분석 결과	31
V. 고찰	36
5.1 연구방법에 대한 고찰	36
5.2 연구결과에 대한 고찰	37
VI. 결론 및 제언	40
VII. 참고문헌	41
부록	
정규분포에 대한 적합도 검정	50
ABSTRACT	54

표 차례

표 1. 한국 당뇨병환자의 당화혈색소 수치 현황	10
표 2. 당화혈색소 측정주기에 대한 각국 가이드라인 비교	11
표 3. 총 신체활동의 강도	18
표 4. 연구대상의 일반적 특성에 따른 TyG 지수 값	24
표 5. 각 성별 별 신체 활동과 TyG 지수 사이의 연관성을 조사한 다변수 회귀분석 결과	27
표 6. 신체 활동 레벨과 TyG 지수 간 연관 관계 분석을 위한 하위집단 회귀 분석 결과	34

그림 차례

그림 1. 고혈압 단계에 따른 당뇨병 발생률의 차이	5
그림 2. 당뇨병에서 고혈압 발생의 병태생리 기전	5
그림 3. OECD 국가의 당뇨병 성인의 비율(2015)	7
그림 4. 연구 모집단에 대한 흐름도	17
그림 5. 혐기성 운동과 TyG의 총 신체 활동 수준 간의 상호작용 연관성을 조사하기 위한 다변량 회귀 분석의 결과	30
그림 6. 다변량 회귀분석을 통한 에어로빅 운동과 TyG의 총 신체활동 수준 간의 상호작용 연관성 조사 결과	31

국 문 요 약

목적: 우리나라의 의료기술 발전과 인구 구성의 고령화가 급속하게 진행 중인 점을 고려하였을 때 향후 고혈압과 당뇨병의 증가가 예상된다. 우리나라는 현재만 30세 이상의 당뇨병 유병률은 9.5%로 조사되었고 특히 65세 이상 노인층에서 당뇨병 유병률은 30.4%로 급격히 증가하는 추세이다. 이러한 경향은 남녀 구분이 없고 특히 고혈압과 당뇨병이 공존하는 환자가 증가하고 있다. 현재 보건복지부에서는 만성질환 관리사업의 일환으로 당뇨병 관리를 국가적인 차원에서 시행하고 있다. 당뇨병은 유전적 경향과 식사습관, 스트레스 정도, 동반질환 및 운동에 따라 달라진다. 장기적인 유산소 운동과 무산소 운동에 따른 심혈관 기능 개선과 동맥경화의 주요 위험요인인 고혈압, 고지혈증, 체중개선 등의 효과는 잘 알려져 있다. 이 연구에서는 운동 행태에 대한 Triglyceride과 Glucose의 연관성을 설명하기 위해서 국민건강영양조사 자료를 활용하였고 운동 행태에 대한 Triglyceride과 Glucose의 연관성의 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

방법: 연구대상에는 2016년부터 2018년까지 국민건강영양조사에 포함하는 남자 4,121명과 여자 6,416명을 대상으로 운동행태에 따라 변화하는 TyG Index를 분석하였다. 연구 대상자의 일반적 특성에 대해 각 성별 집단을 나누어 변수별 인원수와 백분율로 분석하였고 TyG 지수의 일반적 특성을 분석하기 위하여 선형 회귀 분석을 실시하였다. 또한 성별 신체 활동과 TyG 지수 사이의 연관성을 조사하기 위해 다변수 회귀 분석을 실시하였으며 무산소 운동, 유산소 운동으로 분류되는 신체 활동의 유형과 신체 활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석을 위해 다변수 회귀 분석을 실시하였다. 그리고 성별, 소득수준, 음주 빈도, 흡연량, 고혈압 유형 등의 공변량의 변화에 따른 신체 활

동 강도와 TyG 지수 사이의 연관 분석을 위해 하위 집단 회귀 분석을 실시하였다.

결과: 무산소 운동과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석에서 남자의 경우 무산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.018 높은 수치, Low는 0.03 높은 수치를 보였으며 이는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 무산소 운동을 하지 않았을 때는 기준점 대비 High는 0.013 높은 수치, Moderate는 0.034 높은 수치, Low는 0.028 높은 수치를 보였으며, Moderate의 경우에만 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 여성의 경우 무산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.028 높은 수치, Low는 0.034 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 그리고 무산소 운동을 하지 않았을 때는 기준점 대비 High는 0.028 높은 수치, Moderate는 0.037 높은 수치, Low는 0.039 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$).

유산소 운동과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석에서 남자의 경우 유산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.02 높은 수치, Low는 0.021 높은 수치를 보였으며 Moderate의 경우에만 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 그리고 유산소 운동을 하지 않았을 때는 기준점 대비 High는 0.033 높은 수치, Moderate는 0.008 높은 수치, Low는 0.015 높은 수치를 보였으며 Low의 경우에만 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p\text{-value}<0.05$). 여성의 경우 유산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.016 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 그러나 Low의 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 유산소 운동을 하지 않았을 때는 High는 0.045 높은 수치, Low는 0.014 높은 수치를 보였으며 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}>0.05$). 그러나 Moderate의 경우에는 통계적으로 유의하지 않았다($p\text{-value}>0.05$).

결론: 운동 여부와 관련된 신체 활동의 유형과 신체활동의 총 강도 사이의

TyG 지표에 대한 상호 연관 관계 분석을 수행했을 때 TyG 지표가 운동의 강도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 여자의 경우 무산소 운동을 했을 때 이 연구에서 파악하고자 하는 경향을 더욱 뚜렷하게 보였는데, 무산소 운동을 했을 때가 하지 않았을 때보다 낮은 TyG 지표를 보였으며, 신체 활동의 강도가 높아질수록 낮은 TyG 지표를 보였다.

그리고 신체 활동의 단계에 따라 low, moderate, high 세 개의 하위 집단으로 분류해 하위집단 회귀 분석을 수행했을 때 연령이나 소득 수준 보다도 신체에 직접적인 영향을 미치는 음주 빈도와 흡연량에 있어 신체 활동의 단계가 높을수록 낮은 TyG 지표를 보여 일상적인 생활에서도 많은 신체 활동을 할수록 TyG 지표가 감소하는 경향을 살필 수 있었다.

1. 서론

1.1. 연구의 배경

우리나라는 의료기술의 발전으로 인하여 평균수명은 증가하고 있는 반면에 과식, 스트레스 및 운동부족 등의 이유로 대표적인 만성질환인 당뇨병이 늘어나고 있는 추세이다. 국제당뇨병연맹의 발표에 따르면, 20~79세의 당뇨병 대상자는 약 3억 8,200만명으로 이는 전 세계 인구의 약 8.3%에 해당한다. 이 중 약 50%는 당뇨병 진단을 받지 않은 상태로 2035년에는 당뇨병 유병자의 수가 약 5억 9,200만명에 이를 것으로 예측되고 있다(국제당뇨병연맹, 2013). 당뇨병 환자수로 단순 비교를 하면 우리나라는 아시아에서 5위를 차지하고 있으며, 전체 연령 유병율은 5.92%(약 280만명)이고 발병율은 0.57%(약 27만명)이다. 이로 인한 당뇨병의 질병부담은 건강보정 기대여명(HALE)을 기준으로 암, 뇌졸중, 허혈성 심질환에 이어 네 번째를 차지하고 있다.

전체 건강보험 진료비 중 당뇨병 환자로 인한 질병부담액은 약 3조 2천억원(약 20%)으로 보고되고 있으며, 당뇨병 환자의 사망률은 일반인에 비해 약 2.2~7.3배 높은 것으로 추정되고 있다. 우리나라의 당뇨병 유병률은 2013년 기준으로 30세 이상 성인의 11.9%(약 320만명)로 파악된다. 향후 당뇨병으로 진행될 가능성이 높은 당뇨병 전단계 상태의 고위험군 성인까지 포함을 시키면 24.6%(약 660만명)로 증가한다. 이는 당뇨병과 당뇨병 전단계인 환자의 수가 우리나라 성인 3명 중 1명에 해당된다는 것을 알 수 있다. 잠재적 당뇨병 환자를 제외하고 현재의 당뇨병 유병률을 그대로 2050년까지 적용하더라도 현재보다 약 2배가 증가한 591만명으로 당뇨병 환자의 수가 증가될 것으로 추정하고 있다(대한당뇨병학회, 2013; 권혁상 등, 2015).

현재 보건복지부에서는 만성질환 관리사업의 일환으로 당뇨병 관리를 국가적인 차원에서 시행하고 있다. 당뇨병 등록관리 사업을 통하여 만 30세 이상 환자들을 개인별로 병원 전산망에 등록한 다음 종합적이고 효과적인 서비스를 제공하게 된다. 또한 사회경제적으로 취약한 만 65세 이상 등록환자들에게는 치료비 일부를 지원하는 사업도 함께 추진하고 있다. 당뇨병은 30~70세의 성인을 대상으로 2002년 국민건강보험공단의 15개 시범지사에서 사례관리대상 질환으로 선정하여 관리하다가 2006년부터는 전국지사로 확대하였다. 그 후 2012년 4월부터는 연령에 관계없이 의원급 만성질환관리제 건강지원 서비스 사업으로 고혈압과 당뇨병이 선정되어 현재까지 시행하고 있다(국민건강관리공단, 2012). 국가차원에서의 당뇨병 관리만큼 중요한 것이 자기관리습관이다. 건강한 운동습관을 통해서 효과적으로 혈압과 혈당의 조절이 가능하다는 많은 연구사례가 이를 뒷받침한다.

규칙적인 운동은 골격근에서 당 이용을 증가시키고 인슐린 감수성을 향상시키는데 도움을 준다. 또한 대사 장애를 개선하고 혈색소의 농도를 저하시키는 효과가 있다. 뿐만 아니라 혈중 포도당 농도를 감소시키고 말초 조직의 인슐린 감수성을 증가시킨다(Delvin et al., 1987). 유산소 운동 시 혈당의 변화를 보면 당뇨병이 없는 사람이 중등도 강도의 유산소운동을 하는 경우 말초의 포도당 흡수 증가는 간에서의 포도당 생성과 균형을 이루어 혈당은 대개 변화하지 않는다. 반면 제2형 당뇨병 환자가 중등도의 유산소운동을 하는 경우 간에서 생성되는 포도당보다 근육에서 사용되는 혈중 포도당이 더 많아 혈당은 일반적으로 감소한다. 유산소운동을 1회 시행했을 때 나타나는 인슐린감수성의 변화는 운동의 지속시간, 강도, 식사에 따라 달라지는데, 한 번의 운동은 보통 24-72시간 동안 인슐린감수성과 혈당을 호전시킬 수 있다. 중등도의 운동이 한 번에 이루어지든 여러 번에 나누어 이루어지든 총 지속시간이 같다면 효과는 비슷하다. 저항성 운동 시 혈당의 변화는 제2형 당뇨병환자에서 저항성 운동을 1회 시행했을 때

혈당과 인슐린 작용의 변화에 대해서는 알려져 있지는 않지만 공복혈당장애가 있는 사람의 경우에는 저항성 운동을 한 뒤 24시간 동안 혈당이 감소하였고 전체 운동량과 강도가 증가함에 따라 감소폭이 더 컸다. 유산소운동과 저항성운동의 복합운동을 하는 경우 단독으로 시행하는 운동보다 복합운동을 하는 것이 혈당 조절에 더 효과적일 가능성이 있다. 저항성 운동으로 인한 근육량의 증가는 포도당 흡수를 증가시킬 수 있고 유산소 운동은 인슐린 작용을 개선시켜 포도당 흡수를 증가시킬 수 있다. 그러나 지금까지 발표된 복합운동의 경우 각각의 단독운동을 할 때보다 총 운동량과 칼로리 소모가 더 컸기 때문에 이러한 차이를 배제한 후에도 복합운동 자체가 혈당개선 효과가 더 큰지에 대해서 향후 추가 연구가 필요하다.

미국 당뇨병학회는 제2형 당뇨병환자에서 운동의 종류, 빈도, 시간, 강도 등을 주당 에너지 소비가 700-2,000kcal 가 되게 조절하도록 권고하고 있으며, 이를 위해서는 일반적으로 주당 3-5일, 20-60분/일, 최대 심박수의 55-79% 정도의 강도로 유산소 운동을 해야 한다고 보고되고 있다.

1.2. 연구의 목적

세계보건기구(WHO), 미국심장협회(AHA), 미국질병예방센터(CDC)는 일주일에 최소 150분(2시간30분) 이상의 저항성 운동과 유산소운동을 권장한다. 또한 건강을 저해하는 생활습관으로는 흡연, 음주, 잘못된 식습관 및 운동부족 등을 대표적인 원인으로 설명한다(WHO, 2004). 건강 체력은 일상생활에 기반이 되는 신체적 능력을 의미하며, 구성요소로는 신체조성, 근력, 근지구력, 심폐지구력 및 유연성 등이 있다. 스포츠 능력을 의미하는 기술적 체력보다 일상활동에서

이용되는 건강관련체력의 관리를 위해서는 신체활동량 증가 및 규칙적인 운동을 꾸준히 하는 것이 Body Fat Percentage(%BF)가 높은 현대인들에게 특히 중요하다(ACSM, 2016).

선행연구에 따르면 당뇨병 환자에서 고혈압 발생 위험도가 높은 사실은 잘 알려져 있으며 고혈압 환자에서 당뇨병 발생 위험도 높다고 알려져 있어 밀접한 연관성이 있다. 한국인유전체역학연구(Korea Genome and Epidemiology Study, KOGES)에서 2001년-2010년 동안 전국 40-69세 연령의 성인 인구를 무작위 선정 후 혈압수치에 따른 10년 추적 연구 결과 당뇨병은 14.3%에서 발생하였고 전체적으로는 정상혈압 환자에 비하여 고혈압 1단계 환자가 1.26배(1.04-1.54) 고혈압 2단계 환자에서는 1.6배(1.30-1.96) 더 발생하는 것이 확인되었다.[그림 1] 따라서 고혈압과 당뇨병은 상호 발생 위험도가 높다. 두 질환 사이의 발병 위험 요인은 중복되는 점이 많다. 당뇨병 환자에서 혈압 상승의 기전으로 비만, 염증반응, 산화스트레스 및 인슐린 저항성이 제시되고 있다. 체중 증가와 함께 고인슐린혈증으로 인한 교감신경계 항진, 신장에서 나트륨 저류에 의한 체액증가 및 고혈당으로 인한 혈관경직도 증가 및 동맥경화 진행으로 인해 고혈압이 더 많이 발생하게 된다.[그림 2] 하지만 고혈압과 당뇨병은 유전적 경향과 식사습관, 스트레스 정도, 동반질환 및 운동에 따라 달라진다. 현재 운동과 TyG의 연관성을 분석한 연구가 많지 않을 뿐만 아니라 대상자의 세부특성에 따라 운동과 TyG의 연관성을 분석한 연구 또한 부족한 상태이다. 이 연구에서는 대상자의 일반적 특성에 따른 운동과 TyG의 연관성 및 대상자의 특성을 세분화하고 고혈압 여부에 따른 운동과 TyG의 연관성을 확인하고자 하며 더 나아가 운동의 강도와 종류에 따라 변화될 수 있는 운동 행태에 대한 Triglyceride와 Glucose의 연관성을 설명하기 위해서 국민건강영양조사 자료를 활용하였고, 효율적이고 체계적인 운동이 Triglyceride와 Glucose 감소에 영향을 줄 수 있음을 확인하고자 한다.

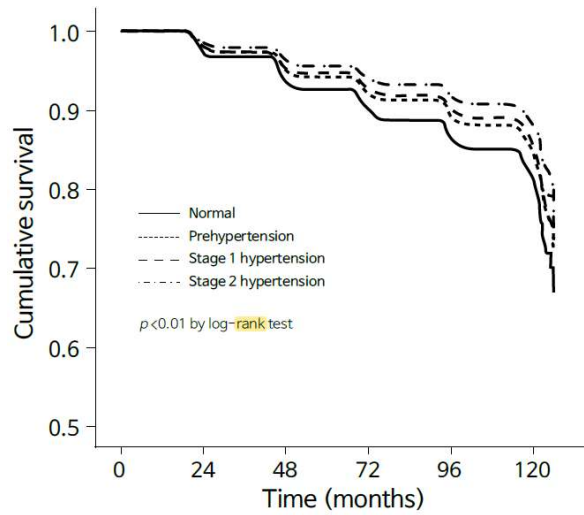


그림 1. 고혈압 단계에 따른 당뇨병 발생률의 차이
 (NamH cho et al., KOGES, 2015)

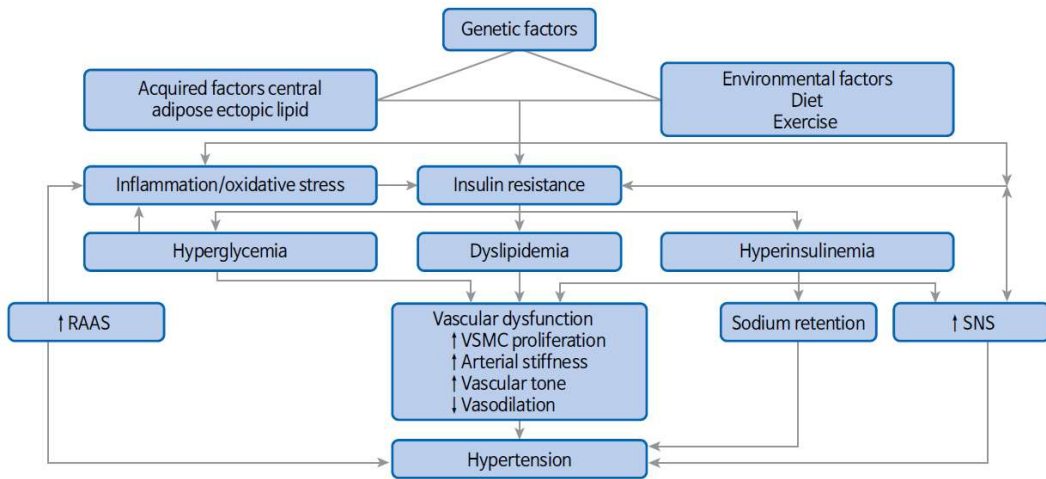


그림 2. 당뇨병에서 고혈압 발생의 병태생리 기전
 (Mugo et al., 2007)

2. 문헌고찰 및 이론적 배경

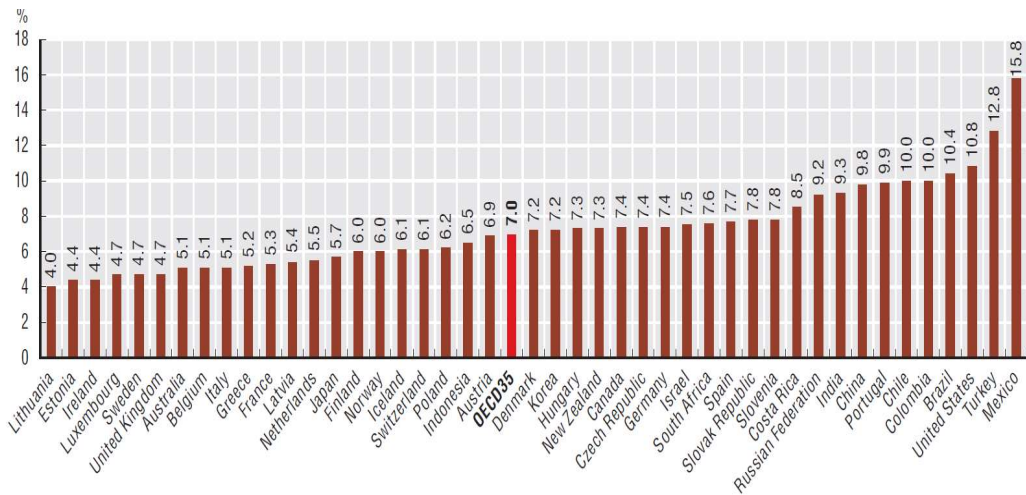
2.1 당뇨병

2.1.1 당뇨병의 개념 및 특성

당뇨병은 인슐린이 부족하거나 작용이 잘 안되어 세포가 포도당을 제대로 이용하지 못해 혈액 속 포도당 농도가 올라가는 만성질환이다. 지속적인 혈당조절이 필요하며, 급·만성적으로 발생할 수 있는 합병증을 줄이기 위한 자가 노력과 관리가 요구된다. 세계보건기구 자료에 의하면 전 세계 당뇨병 환자는 현재 3억 6천만 명에서 2030년도에는 5억5천만 명까지 증가할 것으로 예측하고 있다 (WHO, 2012). 국내에서는 현재 성인 10명 중 1명이 당뇨병환자(당뇨병 유병률 10.1%)이며, 성인 10명중 2명이 당뇨병 전단계(공복혈당장애 유병률 19.9%)이다. 이를 합하면 성인 10명중 3명은 당뇨병 환자 및 잠재적 당뇨병 환자로 추정된다. 현재 당뇨병 유병률을 고려할 때, 2050년에는 국내 당뇨병 환자 수가 약 600만명까지 증가할 것으로 추산되며, 이는 2010년을 기준으로 약 183% 증가한 수치를 의미한다(국민건강영양조사, 2019). 당뇨병으로 인한 사망률은 인구 10만 명 당 21.5명으로 10대 사망원인순위에서 2008년 이후 꾸준히 5위를 차지할 정도로 높은 사망률을 보이고 있다(KNSO, 2012).

2007년에서 2018년까지 당뇨병 유병률(만30세이상 공복혈당 기준, 표준화)은 2018년 남자 12.9%, 여자 7.9%이며, 남녀 모두 연령이 높을수록 높았다. 당뇨병 인지율은 71.5%, 치료율은 66.2%, 유병자의 조절율은 31.1%, 치료자의 조절율은 25.8%이었다. 당뇨병 치료율은 지속적으로 개선되었으나, 조절율은 다른 만성질환에 비해 낮은 수준이다. 이는 당뇨병의 올바른 관리가 중요한 보건문제

임을 시사하는 근거이다. 또한 2007년부터 2010년까지의 국민건강영양조사를 바탕으로 대한당뇨병학회 진료지침에 근거해 당화혈색소를 6.5% 미만으로 정의하여 조사한 결과, 당뇨병 환자 중 혈당조절 목표에 도달한 환자는 29.5%에 불과한 것으로 보고된다. 미국당뇨병학회 기준인 7% 미만을 적용하더라도 전체 중 50.6%만 혈당조절이 양호한 상태인 것을 확인할 수 있다(KNSO, 2012). 또한 2015년 발표된 OECD 보고에 따르면, 한국의 성인 당뇨병 유병률이 OECD 국가 평균보다 높음을 확인할 수 있다(OECD, 2015)[그림3].



Note: Data cover those aged between 20 and 79 years old with Type 1 or Type 2 diagnosed diabetes.

그림 3. OECD 국가의 당뇨병 성인의 비율(2015)

(출처: IDF, 2015)

2.1.2 당뇨병 전단계 개념

내당능장애와 공복혈당장애 환자가 당뇨병 전단계 환자로 분류된다. 당뇨병

전단계는 확실하게 당뇨병으로 진단을 받은 것은 아니지만 당뇨병으로 발전할 가능성이 충분한 상태로써 공복혈당 및 식후혈당이 이상이 있는 경우를 말한다. 이러한 환자도 당뇨병 환자와 똑같은 치료법으로 관리를 해야 향후 당뇨병으로 발전하거나, 그로 인한 합병증의 피해를 막을 수 있다.

2.1.3 내당능장애

내당능장애는 당뇨병은 아니지만 혈당이 정상치보다 높은 상태를 의미하며, 적극적인 관리가 필요한 상태이다. 내당능장애로 진단받으면 5년 안에 25%, 10년 안에 60%가 당뇨병으로 악화된다. 또한 당뇨병으로 진단받기 전 내당능상태에서 이미 당뇨병의 각종 합병증이 진행된다. 따라서 비교적 치유가 쉬운 내당능장애 시기에 건강을 되찾으면 당뇨병과 각종 합병증을 예방할 수 있다. 세계보건기구의 기준에 따르면 공복혈당이 140 mg/dL 이상이고, 식사 2시간 뒤 혈당이 200 mg/dL 이상이면 당뇨병으로 확정한다. 이에 비해 내당능장애는 공복혈당이 110~140 mg/dL이고 식사 2시간 뒤 혈당이 140~200 mg/dL인 경우에만 해당된다. 내당능장애는 혈액의 포도당을 에너지원으로 쓰기 위해 간이나 근육에 저장시키는 호르몬인 인슐린의 생산과 관계가 있다. 췌장이 인슐린을 필요한 만큼 만들지 못하거나, 인슐린이 나오지만 제대로 작용을 하지 못하면 내당능장애 또는 당뇨병의 원인이 된다. 젊은 사람의 경우, 공복혈당이 정상보다 높게 나오면 인슐린이 분비가 안되고 있을 가능성이 크다. 또한 식사 후 2시간 뒤 혈당이 높게 나오면 인슐린이 재역할을 못할 가능성이 크다.

2.1.4 공복혈당장애

공복혈당장애란 공복혈당치가 당뇨병 진단 기준보다는 낮지만, 정상인보다는

높은 상태를 의미한다. 공복혈당의 정상범위인 74~100 mg/dl보다 높다고 해서 당뇨병이 되는 것은 아니지만, 내당능장애와 마찬가지로 생활습관을 적극적으로 개선하지 않으면 당뇨병으로 진행될 가능성이 높다. 고혈당은 고혈압, 복부비만, 고지혈증 등이 복합적으로 유발되는 대사증후군으로 진행될 수 있으며, 앞서 말한 합병증에도 걸릴 위험이 높다. 공복혈당이 정상범위보다 높더라도 당뇨병 환자와 마찬가지로 적극적인 운동과 식이요법을 통하여, 체중 및 체지방을 줄인다면 당뇨병 발병을 억제하는데 큰 도움이 된다.

2.2 당화혈색소

혈색소는 인체의 적혈구에 산소를 운반하는 단백질이다. 혈액 속의 포도당이 증가되면 포도당 중 일부가 혈색소와 결합하게 되고, 이때 혈색소와 포도당이 결합한 것을 당화혈색소(HbA1c)라고 한다(김청미, 2018). 당뇨병 진단을 위해서는 경구당부하검사와 공복혈당검사가 시행되는데, 금식일과 다른 날에 재측정해야 하는 불편함 때문에 당뇨병 진단에 어려움이 많았다. IEC에서 실시하는 EASD, ADA 및 IDF의 여러 가지 역학조사결과를 기준으로 당화혈색소 수치가 6.5% 이상이면 당뇨병으로 진단하고, 5.7-6.4%이면 당뇨병 예방을 위한 치료를 권장하고 있다(이영실와 문성수, 2011).

혈색소와 포도당이 결합되어 만들어지는 당화혈색소는 고혈당일 때 증가하게 된다(유재희, 2002). 당화혈색소가 6%일 때 혈당은 약 135 mg/dl이며, 7%일 때 약 170 mg/dl이다. 당화혈색소 수치를 환산하면, 6%를 기준으로 1% 증가 시 혈당은 35 mg/dl씩 올라간다고 알려져 있다(Rohlfing et al., 2002). 또한 당화혈색소는 2~3개월간의 혈당조절을 반영하는 지표로서 당뇨의 이환율을 예측하기 위해서 이용된다. 최근 OECD도 이를 당뇨병 환자 관리의 health

indicator로 도입하기 위해 논의 중이며, 호주, 미국, 캐나다 등 세계 여러 국가에서도 1년에 1회 이상 당화혈색소 검사를 받는 환자가 얼마나 되는지를 산출하여 당뇨적정관리 수준을 파악하는데 활용하고 있다(AHRQ, 2004; OECD, 2007). 또한 미국당뇨병학회와 대한당뇨병학회를 비롯한 여러 기관에서 제정한 당뇨병 가이드라인에서는 당화혈색소를 당뇨병 관리의 유용한 관리지표로 제시하고 있다 <표 1, 2>.

표 1. 한국 당뇨환자의 당화혈색소 수치 현황

연구(N)	평균 당화혈색소 수치	당화혈색소 7% 미만 도달 비율	비고
국민건강영양조사 2006(N=345) 2008(N=249)	언급 없음	22.9%(05년) 38.3%(07년)	기준: 6.5% 미만 도달환자 비율
Lim DJ et al., 2006 (N=2,201)	1차의료기관: 8.8±1.9 2차의료기관: 8.3±2.1 3차의료기관: 8.1±1.9 (mean±SD)	1차의료기관(n=257): 17.5% 2차의료기관(n=270): 28.9% 3차의료기관(n=1,674) : 30.9%	2, 3차 의료기관에 비해 1차 의료기관에서의 혈당관리 상태가 상대적으로 불량(p<0.001)
Kim SR et al., 2006 (N=30,900)	7.56 ± 1.39	38.3%	1차 의료기관 환자 대상 Proceedings
Park SW et al., 2007 (N=826)	남: 8.3±3 여: 8.1±2	32.8%	2003년 환자 대상
Lee JE et al., 2008	남: 7.3±1.1 여: 7.4±1.2	19.9%	2001년 국민건강영양조사 대상 중 당뇨병 기왕력 있는 총 271명
Lee YS. 2009 (N=728)	7.4±1.5 (mean±SD)	49.2%	3차 의료기관 환자대상
Lim S et al., 2009 (N=5,652)	남: 7.8±1.9 여: 8.0±1.8 (mean±SD)	36.7%	3차 의료기관 환자대상

표 2. 당화혈색소 측정주기에 대한 각국 가이드라인 비교

가이드라인	얼마나 자주 monitoring 해야 하는가
American Diabetes Association, 2009	2~4회/년 (환자의 임상상태, 환경요인 등을 고려)
American Association Of Clinical Endocrinologists, 2007	약물복용 시작 후 3개월 뒤에 반드시 검사, 치료 titration(A)
American College of Physicians, 2007	2~4회/년 (4회 이상도 가능) (환자의 임상상태, 환경요인 등을 고려)
National Institute for Health and Clinical Excellence(NICE), 2008	2~6회/년 (환자의 임상상태, 환경요인 등을 고려할 것)
Canadian Diabetes Association	2~4회/년
International Diabetes Federation, 2005	2~6회/년 (환자의 임상상태, 환경요인 등을 고려할 것)
Asian-Pacific Type 2 Diabetes Policy Group	언급없음
대한당뇨병학회, 2007	4회이상/년

2.2.1 당화혈색소 측정현황

당화혈색소가 당뇨병에서 기인하는 합병증으로 인한 이환율 및 치명률을 잘 예측하고 있음에도 불구하고 한국에서의 1년간 평균 당화혈색소 검사비율은 약 1회(1.07±0.7회/년)에 그치고 있다. 결과적으로 약 60%의 당뇨병 환자는 당화혈색소를 측정하지 않고 있는 것으로 보고된다(심평원, 2007). 특히 의원 및 보건기관의 경우는 17.6%, 종합전문병원의 경우는 75.6%의 시행률을 보이는 것처럼 의료기관 간의 차이가 큰 것을 확인할 수 있다(심평원, 2007; 홍재석, 2009). 종합전문병원의 시행률을 제외할 경우 당화혈색소 검사 시행의 평균 횟수는 1회에 훨씬 미치지 못할 것으로 추정된다. 당뇨병 환자의 당화혈색소 인지율도 당뇨병 환자 10명 중 2명이 채 안 되는 것으로 보고되고 있다.

국내 당뇨병 환자를 대상으로 당화혈색소는 임상진료지침의 권고만큼 자주 측정되지 않고 있으며, 심지어 1년에 단 한 번도 측정되지 않는 경우도 있다. 국내 당뇨병 유병률은 서구 선진국 수준에 비해서 높은 편이나 당뇨병환자의 적정관리 수준을 파악하는데 사용되는 당화혈색소 검사 시행률은 상대적으로 낮아서 치료 목표치 달성을 높이기 위한 전략이 요구되고 있다.

2.3 Triglyceride와 Glucose 지수 (TyG Index)

Triglyceride와 Glucose 지수는 공복 혈액의 결과물이다. 대사증후군의 두 가지 주요 성분은 트리글리세리드와 공복 혈장 포도당이며, 이들의 결과물로 여겨지는 TyG Index는 인슐린 저항성을 위한 신뢰할 수 있으며 간단한 대리 지수로 권장되고 있다. 선행연구를 보면 멕시코인을 대상으로 TyG index에 의한 인슐린 저항성이 처음 측정되었으며(Simental Mendia et.al.,2008), 국내에서는 Lee 등 (2014)이 TyG index와 당뇨병의 연관성을 입증하였다. 이와 같이 대사증후군의 주요 원인 중 하나인 인슐린 저항성은 인슐린에 대한 세포 민감성 감소라는 특징을 가진다. 인슐린 저항성을 평가하는 직접적인 방법으로는 고인슐린혈증 정상 혈당 클램프(hyperinsulinemic euglycemic clamp), 인슐린 억제 검사(insulin suppression test)와 인슐린 내성 검사(insulin tolerance test) 등이 있다. 이러한 검사는 방법의 복잡성과 비용적인 문제로 인하여 임상에 적용하기 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 측정이 간단한 간접 지표인 HOMA-IR(homeostasis model assessment of insulin resistance)로 인슐린 저항성을 추정하고 있다. 최근에는 중성지방과 공복혈당을 이용한 TyG Index가 인슐린 저항성에 대한 유용한 지표로 활용된다. 중성지방의 증가는 근육-혈당대사를 방해하며, 이는 혈청 및 조직에서의 중성지방 상승이 인슐린 감수성을 감소시킬 수 있음을 반영하는 결과이다.

2.4 운동의 종류

2.4.1 유산소운동

유산소운동이란 체내의 산소, 흡수, 이용 및 수송하는 과정에서 산소의 함량을 높이는 운동을 의미한다. 인체는 운동하는 과정에서 신진대사가 갈수록 높아지고 인체 내의 혈액과 산소에 대한 수요가 갈수록 높아진다. 유산소운동은 인체의 심폐 내력 수준을 대대적으로 높이고 체내의 혈액과 산소 공급 능력 및 근육의 신진대사의 증가를 촉진하는 동시에 인체 내의 기타 시스템 및 근육의 적응성 변화를 진행할 수 있다. 일반적인 상황에서 수영, 빠르게 걷기, 줄넘기, 천천히 걷기, 사이클 등이 유산소운동이다. 유산소운동은 신체능력을 높이는 가장 효율적인 방법 중의 하나이다. 신체의 적응능력을 개선하여 비만과 같은 생활습관 병을 예방하고 치료한다. 유산소운동은 인체 내 지방 함량을 크게 낮출 수 있고, 신체조성을 긍정적으로 변화시키는데 영향을 미친다. 장기적인 유산소운동이 인체 내의 체지방량과 혈당함량을 낮추어 다이어트 효과를 유지하는데 큰 도움을 준다. 일주일에 3회 이상, 하루 30분 이상 운동을 1년간 실시하면 BMI 보다 허리/엉덩이 둘레비가 개선되었고, 1년 후 평균 당화혈색소가 8.9%에서 7.9%로 감소되는 결과를 통하여 장기간 운동의 효과를 입증하였다(안근희, 한경아, 민경완, 2005).

2.4.2 무산소운동

무산소운동은 일정한 부하 또는 외부의 저항력을 이용하여 실시하는 운동으로 근력과 근지구력을 높일 수 있으며, 인체의 근력, 민감성, 균형 능력 및 조정 능

력을 향상시키는 효과가 있다. 무산소운동은 골격근에 생리학적 반응을 일으키는데 이를테면 골격근의 형태와 기능에 영향을 미칠 수 있다. 운동 강도에 따라 운동 효과는 매우 다양하다. 그래서 운동 목적에 따라 서로 다른 운동 강도를 선택하여 실시해야 한다.

무산소운동은 근육의 노화를 늦출 수 있고 속도, 균형성, 점프력, 유연성 및 기타 근육의 질을 개선할 수 있다. 또한 기초대사율을 높일 수 있으며 에너지 소모를 촉진하고 체지방을 줄일 수 있다. 무산소운동은 짧은 시간동안 고강도 운동 형태로 근글리코겐과 같은 당원질의 분해에 의해 주에너지원이 공급된다. 대표적인 운동으로 웨이트 트레이닝이나 단거리 달리기 등이 있으며, 그 중 헬스클럽 등과 같은 생활체육현장에서 가장 많이 실시되는 저항운동은 근육에 강한 자극을 줌으로써 근비대 및 근력의 강화, 신경계의 활성화 등과 같은 근기능 향상에 효과적이다(Vuori, 1995). 근육량의 증가로 인하여 체지방량과 체중증가의 효과도 함께 보여진다(Kraemer et al., 1990). 그리고 저항성운동은 유산소 운동에 비해 상대적으로 비만관련 요인에 미치는 영향이 적지만 하루 중 소비되는 에너지의 70~80%에 해당하는 기초대사량이 저항성운동을 통해서 증가될 수 있다(Ballor et al., 1988). 그러나 주 에너지원으로 근글리코겐이 사용되기 때문에 유산소 운동보다는 체지방 및 체중감소 효과는 낮았다(Singh et al., 1999). Dunstan(2002)의 연구결과에 따르면 6개월간의 무산소운동과 식이요법을 같이 병행한 집단은 혈중 헤모글로빈의 수준이 낮아지는 것으로 보고되었다. 이는 무산소운동 후 근육조직의 증가가 혈당 수준을 효과적으로 개선할 수 있다는 근거가 된다.

2.4.3 복합운동

단일 운동의 효과 보다는 두 가지 이상의 운동을 복합하여 실시하는 복합운동

의 효과가 체력 및 신체의 생리기능에 긍정적인 영향을 미치면서 복합운동을 통한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(신철화 등, 2015). 근력은 사람이 앉고, 서고, 움직이는 동안 신체를 정렬, 유지시켜주며, 체간 근력은 정적인 자세와 어떠한 움직임 시 복부와 척추의 운동 및 안정을 극대화하는 효과가 있기 때문에 복합운동으로 근력을 강화시키는 것이 신체활동능력, 균형능력 및 각종 대사물질의 활성화를 돕게 된다(서신배 등, 2016). 사람의 중심인 체간 근육은 모든 자세와 함께 모든 형태의 운동영역에서 최대의 힘을 발휘할 수 있는 바탕이 되며, 움직임을 통해 생기는 관절에 대한 부하를 최소화할 수 있는 가장 중요한 요소이다(김선강 등, 2018).

복합운동은 보통 유산소운동과 무산소운동 형태가 복합적으로 구성되어 병행하는 운동이며, 유산소운동은 신진대사의 능력을 활발하게 하여 심폐능력에 효과적인 영향을 미치고, 저항성운동은 근육의 질량을 증대시켜 신체의 능력을 향상시킨다(최춘길, 2010; 장윤희와 신상근, 2017). 복합운동은 일상생활 체력을 증대시키는데 효과적이며, 유산소성 능력과 근육의 산소소비량을 크게 증가시킨다(배지철 등, 2010). BF가 높을 경우에는 지방 감소로 인한 인슐린 감수성 증가 및 인슐린 저항성이 개선된다(최현아 등, 2016).

3. 연구 방법

3.1 연구 설계

이 연구에서는 국민건강증진법 제16조에 근거하여 시행하는 국민의 건강행태, 만성질환 유병현황, 식품 및 영양섭취실태에 관한 법정조사인 국민건강영양조사 자료를 활용하였다. 2016년-2018년간 국민을 대상으로 한 인구학적 특성, 사회경제학적 특성, 건강행태 및 질병력 등을 독립변수로, Triglyceride와 Glucose(TyG) 지수를 종속변수로 선정한 후 운동여부에 따라 변화하는 인슐린 저항성과의 연관성에 대하여 분석하였다.

3.2 연구 대상

이 연구를 위하여 2016년부터 2018년 동안 실시된 국민건강영양조사 응답자 24,269명 중에서 종속 변수에 영향을 줄 수 있는 요인을 고려해 두 가지 배제 기준을 세웠다. [그림 4]에 따라 만 19세 이하의 저연령층, 당뇨병 유병자 등을 배제한 연구에 적합한 대상자 10,537 명을 선정하였다. 대상자는 고혈압 환자 및 고혈압 전단계 수준을 가지고 있는 환자이며 남자 4,121명과 여자 6,416명을 대상으로 운동행태에 따라 변화하는 TyG Index를 분석하였다.

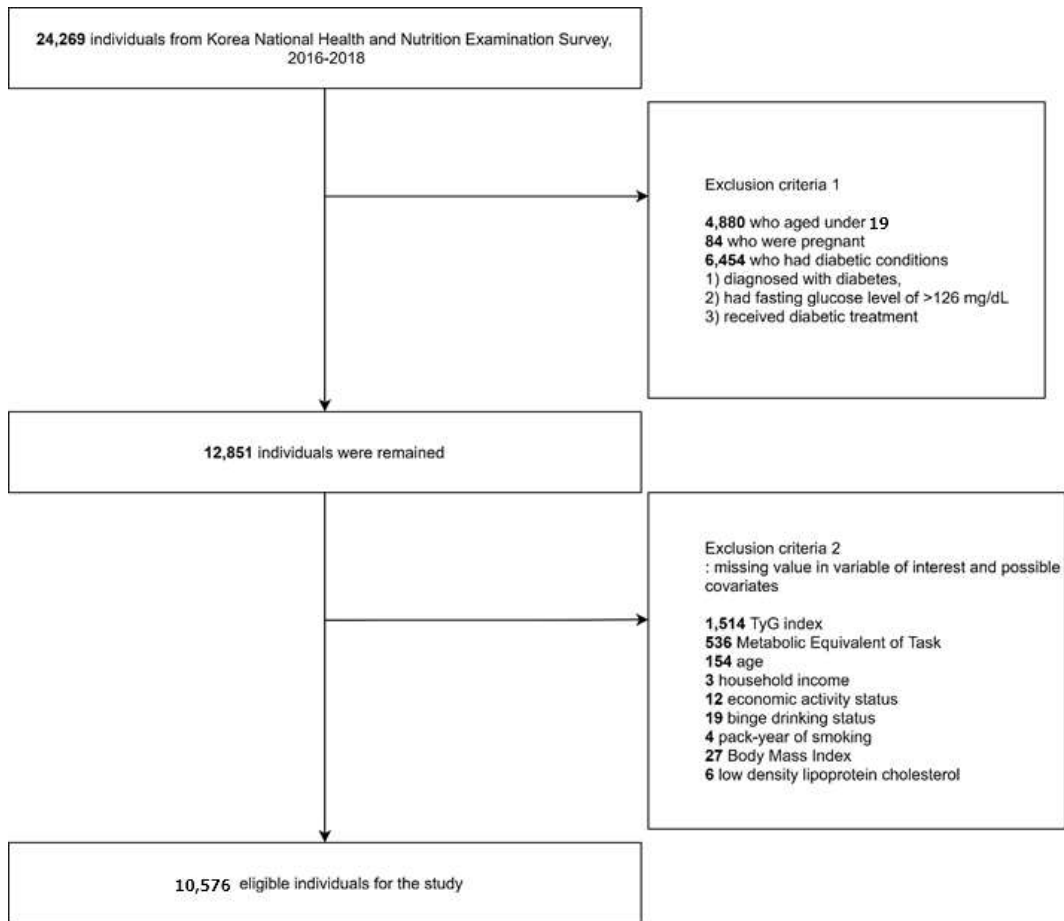


그림 4. 연구 모집단에 대한 흐름도

3.3 변수 선정 및 정의

가. 종속변수

종속변수는 고혈압 환자 및 고혈압 전단계 환자의 운동행태에 따른 TyG Index 결과이다. TyG index는 $\ln [TG (mg / dl) * FPG (mg / dl) / 2]$ 로

Triglyceride * Fasting plasma glucose /2 로 혈장 글루코스 및 TG 생성물의 자연 로그(Ln)로서 계산 할 수 있다.

나. 관심 독립변수

이 연구의 주요 관심 독립변수는 운동여부로서 운동행태, 유산소운동과 무산소운동 여부 및 신체활동 정도에 따라 분석하였으며 총 신체활동의 강도는 <표 3>과 같이 도출하였다.

표3. 총 신체활동의 강도

WHO 변수	WHO 변수 설명	국건영 변수	생성변수
P1	고강도_일 여부	BE3_71	P1
P2	고강도_일 일수	BE3_72	P2
P3	고강도_일 시간(분 환산)	BE3_73(시간), BE3_74(분)	P3
P4	중강도_일 여부	BE3_81	P4
P5	중강도_일 일수	BE3_82	P5
P6	중강도_일 시간(분 환산)	BE3_83(시간), BE3_84(분)	P6
P7	장소이동_신체활동 여부	BE3_91	P7
P8	장소이동_신체활동 일수	BE3_92	P8
P9	장소이동_신체활동 시간(분 환산)	BE3_93(시간), BE3_94(분)	P9
P10	고강도_여가 여부	BE3_75	P10
P11	고강도_여가 일수	BE3_76	P11
P12	고강도_여가 시간(분 환산)	BE3_77(시간), BE3_78(분)	P12
P13	중강도_여가 여부	BE3_85	P13
P14	중강도_여가 일수	BE3_86	P14
P15	중강도_여가 시간(분 환산)	BE3_87(시간), BE3_88(분)	P15
P16	평소 하루 앉아서 보내는 시간 (분 환산)	BE8_1(시간), BE8_2(분) BE3_31(1주일간 걷기 일수) BE3_32(걸기지속시간: 시간) BE3_33(걸기지속시간: 분)	P16

Total physical activity MET-minutes/week (=the sum of the total MET minutes of activity computed for each setting)

Equation: Total Physical Activity =
 $[(P2*P3*8)+(P5*P6*4)+(P8*P9*4)+(P11*P12*8)+(P14*P15*4)]$

Level of total physical activity	Physical activity cutoff value
High	<ul style="list-style-type: none"> ● IF:(P2+P11) >= 3 days AND Total physical activity MET minutes per week is >= 1500 ● IF:(P2+P5+P8+P11+P14) >= 7 days AND Total physical activity MET minutes per week is >= 3000
Moderate	<ul style="list-style-type: none"> ● IF:(P2+P11) >= 3 days AND ((P2*P3)+(P11*P12)) >= 60 minutes ● IF:(P5+P8+P14) >= 5 days AND ((P5*P6)+(P8*P9)+(P14*P15)) >= 150 minutes ● IF:(P2+P5+P8+P11+P14) >= 5 days AND Total physical activity MET minutes per week is >= 600
Low	F: the value does not reach the criteria for either high or moderate levels of physical activity

다. 통제변수

운동의 강도 혹은 종류와 TyG index의 연관성을 파악하는데 있어 교란작용을 할 수 있는 다른 변수를 통제해야 한다. 이 연구의 분석에 포함된 통제변수는 일반적 특성으로 연령, 성별로 분류하였고, 사회 경제학적 특성에 따라 교육 수준, 소득수준, 경제활동 여부로 분류하였다. 또한 연령은 (19-29세, 30-39세, 40-49세, 50-59세, 60세 이상)으로 분류하였고, 성별은 여성과 남성으로 분류하였고, 소득수준은(low, mid-low, mid-high, high)로 분류하였고 경제활동여부 유무, 음주는 (1-4/month, 5 or over/month)로 분류하였고 흡연 (none,<5pack-years, >5 pack-years)로 분류하였고, 고혈압 유병여부, 체질량 지수(BMI), HDL-C, LDL-C에 따라 분류하였다.

3.4 분석방법

먼저 연구대상자 10,537명의(남성: 4,121, 여성: 6,416명)의 TyG 지수, BMI, 총콜레스테롤 수치(Total cholesterol) 고밀도 지단백 콜레스테롤 (High-density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 수치, 저밀도 지단백 콜레스테롤 (Low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 수치의 분포가 정규 분포임을 확인하였다. 그리고 인구학적 특성, 사회경제학적 특성, 건강 행태적 특성에 따라 연구 대상자의 분포가 어떻게 되는지를 파악하기 위해 Chi-square 검정을 실시하였다. 또한 이러한 특성에 따라 TyG 지수의 평균과 표준편차 값을 수하기 위해 ANOVA 검정을 실시하였다. 신체 활동의 강도와 TyG 지수와의 상관관계, 신체 활동의 유형과 TyG 지수와의 상관관계를 확인하기 위해 다변수 선형 회귀 분석을 실시하였다. 또한 남녀로 구분한 연구 대상자의 연령층, 소득 수준, 경제활동 상태, 폭음빈도, 고혈압상태에 따라 신체 활동의 강도와 TyG 지수와의 상관관계를 확인하기 위해 하위집단 선형회귀 분석을 실시하였다. 이 연구에서 통계적 유의수준을 P-value가 0.05 미만인 경우로 판단하였다.

4. 연구 결과

4.1 연구대상의 일반적 특성과 TyG 지수결과

이 연구는 2016년부터 2018년까지 국민건강영양조사에 조사된 대상자 중 당뇨병 관련 문제가 없는 일반인구집단을 대상으로 하였다. 그 중 연구에 필요한 정보를 포함한 남성 4,121명과 여성 6,416명을 최종 연구 대상으로 선정하였고 <표 4>는 이들의 인구학적 특성, 사회경제학적 특성, 건강행태에 대한 기술적 통계를 보여준다. 남성 환자를 Level of Physical Activity에 따라 분류했을 때 Low 2,155명(52.3%), Moderate 966명(23.4%), High 1,000명(24.3%)이었다. TyG 지수 측정 결과 평균은 Low 4.67(SD 0.30), Moderate 4.66(SD 0.30), High 4.62(SD 0.30) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P < .001$). 여성 환자를 Level of Physical Activity에 따라 분류했을 때 Low 3,682명(57.4%), Moderate 1,706명(26.6%), High 1,028명(16.0%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 Low 4.52(SD 0.27), Moderate 4.49(SD 0.27), High 4.44(SD 0.27) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P < .001$).

남성 환자를 연령에 따라 분류했을 때 21-29세 791명(19.2%), 30-39세 889명(21.6%), 40-49세 746명(18.1%), 50-59세 641명(15.6%), 60세 이상 1,054명(25.6%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 21-29세 4.56(SD 0.28), 30-39세 4.68(SD 0.31), 40-49세 4.72(SD 0.31), 50-59세 4.70(SD 0.31), 60세 이상 4.63(SD 0.28) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P < .001$). 여성 환자를 연령에 따라 분류했을 때 21-29세 936명(14.6%), 30-39세 1,243명(19.4%), 40-49세 1,374명(21.4%), 50-59세 1,247명(19.4%), 60세 이상 1,616명(25.2%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 21-29세 4.37(SD 0.24), 30-39세 4.43(SD

0.26), 40-49세 4.48(SD 0.26), 50-59세 4.55(SD 0.26), 60세 이상 4.62(SD 0.26) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$).

남성 환자를 소득수준에 따라 분류했을 때 Low 577명(14.0%), Mid-low 945명(22.9%), Mid-high 1,234명(29.9%), High 1,365명(33.1%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 Low 4.64(SD 0.29) Mid-low 4.65(SD 0.31), Mid-high 4.65(SD 0.29), High 4.67(SD 0.30) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 여성 환자를 소득수준에 따라 분류했을 때 Low 1,001명(15.6%), Mid-low 1,517명(23.6%), Mid-high 1,839명(28.7%), High 2,059명(32.1%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 Low 4.59(SD 0.28) Mid-low 4.52(SD 0.28), Mid-high 4.49(SD 0.26), High 4.45(SD 0.27) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 남성 환자를 경제활동 여부에 따라 분류했을 때 경제활동을 한 사람 3,056명(74.2%), 경제활동을 하지 않은 사람 1,065명(25.8%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 경제활동을 한 사람 4.66(SD 0.30), 경제활동을 하지 않은 사람 4.63(0.29) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 여성 환자를 경제활동 여부에 따라 분류했을 때 경제활동을 한 사람 3,565명(55.6%), 경제활동을 하지 않은 사람 2,851명(44.4%)이었다. TyG index 측정 결과 평균은 경제활동을 한 사람 4.48(SD 0.27), 경제활동을 하지 않은 사람 4.53(SD 0.27) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$).

남성 환자를 음주 빈도에 따라 분류했을 때 음주를 하지 않음 1,428명(34.7%), 매일 1-4회 음주 2,346명(56.9%), 거의 매일 347명(8.4%)로 측정되었다. TyG 측정 결과 음주를 하지 않음 4.61(SD 0.27), 월 1-4회 음주 4.66(SD 0.30), 거의 매일 4.77(0.34) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 여성 환자를 음주 빈도에 따라 분류했을 때 음주를 하지 않음 4,429명(69.0%), 매일 1-4회 음주 1,906명(29.7%), 거의 매일 81명(1.3%)로 측정되었다. TyG 측정 결과 음주를 하지 않음 4.52(SD 0.27), 월 1-4회 음주 4.45(SD 0.27), 거의 매일

4.61(SD 0.35) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$).

남성 환자를 흡연 빈도에 따라 분류했을 때 비 흡연 1,122명(27.2%), 연 5갑 이하 129명(3.1%), 연 5갑 이상 2,870명(69.6%)으로 측정되었다. TyG 측정 결과 비 흡연 4.59(SD 0.28), 연 5갑 이하 4.56(SD 0.32), 연 5갑 이상 4.68(SD 0.30) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 여성 환자를 흡연 빈도에 따라 분류했을 때 비 흡연 5,674명(88.4%), 연 5갑 이하 114명(1.8%), 연 5갑 이상 628명(9.8%)으로 측정되었다. TyG 측정 결과 비 흡연 4.50(SD 0.27), 연 5갑 이하 4.41(SD 0.25), 연 5갑 이상 4.55(SD 0.30) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$).

남성 환자를 고혈압 상태로 분류했을 때 정상 1,793명(43.5%), 고혈압 전단계 1,292명(31.4%), 고혈압 치료중 613명(14.9%), 고혈압 비치료 423명(10.3%) 으로 측정되었다. TyG 측정 결과 정상 4.59(SD 0.28), 고혈압 전단계 4.68(SD 0.30), 고혈압 치료중 4.70(SD 0.30), 고혈압 비치료 4.76(SD 0.31) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$). 여성 환자를 고혈압 상태로 분류했을 때 정상 3,908명(60.9%), 고혈압 전단계 1,241명(19.3%), 고혈압 치료중 844명(13.2%), 고혈압 비치료 423명(6.6%) 으로 측정되었다. TyG 측정 결과 정상 4.44(SD 0.25), 고혈압 전단계 4.55(SD 0.27), 고혈압 치료중 4.65(SD 0.27), 고혈압 비치료 4.64(0.27) 으로 통계적으로 유의함을 보였다($P<.001$).

남성 환자를 연도별로 분류했을 때 2016년 1,343명(32.6%), 2017년 1,385명(33.6), 2018년 1,393명(33.8) 이었다. TyG 측정 결과 2016년 4.67(SD 0.32), 2017년 4.65(SD 0.30), 2018년 4.64(SD 0.29)이 측정되었으나 이 값은 통계적으로 유의하지 않았다($P>.1$). 여성 환자를 연도별로 분류했을 때 2016년 2,136명(33.3%), 2017년 2,121명(33.1%), 2,159명(33.6%) 이었다. TyG 측정 결과 2016년 4.51(SD 0.28), 2017년 4.50(SD 0.27), 2018년 4.50(SD 0.27)이 측정되었으나 이 값은 통계적으로 유의하지 않았다($P>.1$).

남성 환자의 경우 평균 Body Mass Index 23.97(3.29), Total Cholesterol 191.00(35.29), HDL-C 52.82(12.71), LDL-C 116.00(32.54) 으로 측정되었으며 이는 모두 통계적으로 유의함을 보였다(P<.001). 여성 환자의 경우 평균 Body Mass Index 22.82(3.32), Total Cholesterol 194.10(35.07), HDL-C 55.94(12.70), LDL-C 117.30(31.79) 으로 측정되었으며 이는 모두 통계적으로 유의함을 보였다(P<.001).

표 4. 연구대상의 일반적 특성에 따른 TyG 지수 값

Variables	Men				P-value	Women				
	N (4,121)	%	TyG index [†]			N (6,416)	%	TyG index [†]		P-value
			Mean	SD				Mean	SD	
Level of Physical Activity [‡]					<.001					<.001
Low	2,155	52.3	4.67	0.30		3,682	57.4	4.52	0.27	
Moderate	966	23.4	4.66	0.30		1,706	26.6	4.49	0.27	
High	1,000	24.3	4.62	0.30		1,028	16.0	4.44	0.27	
Age (years)					<.001					<.001
19-29	791	19.2	4.56	0.28		936	14.6	4.37	0.24	
30-39	889	21.6	4.68	0.31		1,243	19.4	4.43	0.26	
40-49	746	18.1	4.72	0.31		374	21.4	4.48	0.26	
50-59	641	15.6	4.70	0.31		1,247	19.4	4.55	0.26	
≥60	1,054	25.6	4.63	0.28		616	25.2	4.62	0.26	
Household income					<.001					<.001
Low	577	14.0	4.64	0.29		1,001	15.6	4.59	0.28	
Mid-low	945	22.9	4.65	0.31		1,517	23.6	4.52	0.28	
Mid-high	1,234	29.9	4.65	0.29		1,839	28.7	4.49	0.26	
High	1,365	33.1	4.67	0.30		2,059	32.1	4.45	0.27	
Economic activity					<.001					<.001
Yes	3,056	74.2	4.66	0.30		3,565	55.6	4.48	0.27	
No	1,065	25.8	4.63	0.29		2,851	44.4	4.53	0.27	
Frequency of binge alcohol drinking					<.001					<.001
Never	1,428	34.7	4.61	0.27		4,429	69.0	4.52	0.27	
1-4 times/mo.	2,346	56.9	4.66	0.30		1,906	29.7	4.45	0.27	
5 or over/mo	347	8.4	4.77	0.34		81	1.3	4.61	0.35	
Pack-years smoked					<.001					<.001
None	1,122	27.2	4.59	0.28		5,674	88.4	4.50	0.27	
<5 pack-years	129	3.1	4.56	0.32		114	1.8	4.41	0.25	
>5 pack-years	2,870	69.6	4.68	0.30		628	9.8	4.55	0.30	
Hypertension status					<.001					<.001
Normal	1,793	43.5	4.59	0.28		3,908	60.9	4.44	0.25	

Pre-hypertension	1,292	31.4	4.68	0.30	1,241	19.3	4.55	0.27
Hypertension with any kind of treatment [§]	613	14.9	4.70	0.30	844	13.2	4.65	0.27
Hypertension without any kind of treatment [§]	423	10.3	4.76	0.31	423	6.6	4.64	0.27
Year								
2016	1,343	32.6	4.67	0.32	2,136	33.3	4.51	0.28
2017	1,385	33.6	4.65	0.30	2,121	33.1	4.50	0.27
2018	1,393	33.8	4.64	0.29	2,159	33.7	4.50	0.27
Body Mass Index, kg/m²: Mean ± SD								
		23.97 ± 3.29		<.001		22.82 ± 3.32		<.001
Total cholesterol, mg/dL: Mean ± SD								
		191.00 ± 35.29		<.001		194.10 ± 35.07		<.001
HDL-C, mg/dL: Mean ± SD								
		52.82 ± 12.71		<.001		55.94 ± 12.70		<.001
LDL-C, mg/dL: Mean ± SD								
		116.00 ± 32.54		<.001		117.30 ± 31.79		<.001

Abbreviations: TyG index: triglycerides and glucose index; SD: standard deviation; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low density lipoprotein cholesterol;

† TyG index = Ln (fasting glucose (mg=dL) × triglycerides (mg=dL))/2

‡ P-value indicate statistical significance of distribution by the Pearson's chi-sqaure tests for categorical variables, or by the student t-test for continuous variables (TyG index and all continuous independent variables are normally distributed; Supplementary Tables, Figures)

¶ Classified by Metabolic Equivalent of Task (MET) through Korean version of Global Physical Activity Questionnaire developed by World Health Organization.

§ Treatment for hypertension includes taking medication.

4.2 신체 활동과 TyG 지수 사이의 상관 관계 조사를 위한 다변수 선형회귀분석 결과

<표 5>는 성별 physical activity와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석 결과이다. Level of physical activity의 level와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀 분석에서 남자의 경우 level of physical activity가 high일 때 대비 Low는 TyG가 0.016 높은 수치(S.E. 0.005)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). Moderate는 TyG가 0.016 높은 수치

(S.E. 0.005)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p -value <0.05). 여자의 경우 level of physical activity가 high일 때 대비 Low는 TyG가 0.017 높은 수치(S.E. 0.007)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p -value <0.05). Moderate는 TyG가 0.020 높은 수치(S.E. 0.009)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p -value <0.05).

연령과 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서 남자의 경우 21-29세 구간은 60세 이상 대비 0.051 높은 수치(S.E. 0.007), 30-39세 구간은 60세 이상 대비 0.047 높은 수치(S.E. 0.006), 40-49세 구간은 0.030 높은 수치(S.E. 0.006), 50-59세 구간은 0.015 높은 수치(S.E. 0.006)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p -value <0.05). 여자의 경우 21-29세 구간은 60세 이상 대비 0.023 높은 수치(S.E. 0.011), 30-39세 구간은 60세 이상 대비 0.032 높은 수치(S.E. 0.011), 40-49세 구간은 0.031 높은 수치(S.E. 0.010), 50-59세 구간은 0.031 높은 수치(S.E. 0.009)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다 (p -value <0.05).

소득수준과 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서는 남자의 경우 소득수준 Low일 때를 제외하고는 남자와 여자 모두 통계적으로 유의하지 않았다(p -value >0.05).

경제활동 여부와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서 남자의 경우 경제활동을 할 경우 대비 하지 않을 때 TyG가 0.013 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p -value <0.05). 그러나 여자의 경우 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p -value >0.05).

음주 빈도와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서 남자의 경우 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p -value >0.05). 여자의 경우는 음주를 전혀 하지 않은 경우 대비 월 1-4회 음주 0.029 높은 수치(S.E. 0.007), 거의 매일 음주 0.071 높은 수치(S.E. 0.021)을 보였으며, 이는 통계적으로 유

의했다(p-value<0.05).

흡연 빈도와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서 남자와 여자 모두 비흡연자 대비 연 5갑 이상인 경우에만 남자는 0.015 높은 수치(S.E. 0.007), 여자는 0.028 높은 수치(S.E. 0.007) 으로 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 그러나 연 5갑 이하의 경우에는 남자와 여자 모두 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p-value>0.05).

고혈압 상태와 TyG 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀분석에서 남자의 경우 정상 대비 고혈압 전단계는 0.018 높은 수치(S.E. 0.005), 고혈압 치료중은 0.019 높은 수치(S.E. 0.007), 고혈압 비치료는 0.020 높은 수치(S.E. 0.008) 를 보였으며 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 여자의 경우 정상 대비 고혈압 전단계는 0.025 높은 수치(S.E. 0.007), 고혈압 치료중은 0.057 높은 수치(S.E. 0.011), 고혈압 비치료는 0.036 높은 수치(S.E. 0.012)를 보였으며 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05).

연도와 TyG 지수 사이의 연관성을 조사한 다변수 선형회귀 분석 결과는 남자와 여자 모두 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p-value>0.05).

표 5. 성별 신체 활동과 TyG 지수의 연관성을 분석한 다변수 선형회귀분석 결과

Variables	Men			Women		
	TyG index [†]			TyG index [†]		
	β	S.E.	P-value	β	S.E.	P-value
Level of Physical Activity[‡]						
Low	0.016	0.005	.002	0.017	0.007	.015
Moderate	0.016	0.005	.003	0.020	0.009	.024
High	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Age (years)						
19-29	0.051	0.007	<.001	0.023	0.011	.034
30-39	0.047	0.006	<.001	0.032	0.011	.004
40-49	0.030	0.006	<.001	0.031	0.010	.003
50-59	0.015	0.006	.021	0.031	0.009	<.001
≥60	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Household income						
Low	0.018	0.006	.002	-0.004	0.013	.776

Mid-low	0.008	0.005	.093	-0.005	0.007	.468
Mid-high	0.015	0.004	<.001	-0.010	0.007	.125
High	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Economic activity						
Yes	Ref.	-	-	Ref.	-	-
No	0.013	0.003	<.001	0.005	0.009	.561
Frequency of binge alcohol drinking						
Never	Ref.	-	-	Ref.	-	-
1-4 times per month	0.003	0.004	.503	0.029	0.007	<.001
Almost everyday	0.012	0.024	.603	0.071	0.021	.001
Pack-years smoked						
None	Ref.	-	-	Ref.	-	-
<5 pack-years	-0.011	0.013	.375	-0.017	0.016	.292
>5 pack-years	0.015	0.007	.033	0.028	0.007	<.001
Hypertension status						
Normal	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Pre-hypertension	0.018	0.005	.001	0.025	0.007	<.001
Hypertension with any kind of treatment ¶	0.019	0.007	.006	0.057	0.011	<.001
Hypertension without any kind of treatment ¶	0.020	0.008	.013	0.036	0.012	.003
Year						
2016	-0.004	0.005	.323	-0.002	0.006	.774
2017	-0.006	0.005	.183	-0.007	0.006	.299
2018	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Body Mass Index, kg/m²	0.005	0.001	<.001	0.006	0.001	<.001
Total cholesterol, mg/dL	0.016	0.001	<.001	0.009	0.001	<.001
HDL-C, mg/dL	-0.016	0.001	<.001	-0.007	0.001	<.001
LDL-C, mg/dL	-0.018	0.001	<.001	-0.013	0.000	<.001

Abbreviations: TyG index: triglycerides and glucose index; SD: standard deviation; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low density lipoprotein cholesterol

† TyG index = Ln (fasting glucose (mg=dL) × triglycerides (mg=dL))/2

‡ Classified by Metabolic Equivalent of Task (MET) through Korean version of Global Physical Activity Questionnaire developed by World Health Organization.

¶ Treatment for hypertension includes taking medication.

4.3 신체 활동의 유형과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석을 위한 다변수 선형회귀분석 결과

신체 활동의 유형과 신체 활동의 총 단계 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석을 위한 다변수 선형회귀분석 결과이다. 신체 활동을 무산소와 유산소 두 유형으로 분류해 각 유형과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상

호 연관 관계 분석을 수행했다. 각 신체 활동 유형과 신체 활동의 총 단계 사이의 TyG에 대한 상호 연관 관계 분석을 위해 다변수 선형회귀 분석을 수행했을 때 남자와 여자 모두 신체 활동을 수행 여부가 yes이고 high인 경우를 기준으로 분석을 수행하였다.

무산소 운동과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석에서 남자의 경우 무산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.018 높은 수치, Low는 0.03 높은 수치를 보였으며 이는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 무산소 운동을 하지 않았을 때는 기준점 대비 High는 0.013 높은 수치, Moderate는 0.034 높은 수치, Low는 0.028 높은 수치를 보였으며, Moderate의 경우에만 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 여성의 경우 무산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.028 높은 수치, Low는 0.034 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 그리고 무산소 운동을 하지 않았을 때에는 기준점 대비 High는 0.028 높은 수치, Moderate는 0.037 높은 수치, Low는 0.039 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$).

유산소 운동과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지수에 대한 상호 연관 관계 분석에서 남자의 경우 유산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.02 높은 수치, Low는 0.021 높은 수치를 보였으며 Moderate의 경우에만 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 그리고 유산소 운동을 하지 않았을 때는 기준점 대비 High는 0.033 높은 수치, Moderate는 0.008 높은 수치, Low는 0.015 높은 수치를 보였으며 Low의 경우에만 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p\text{-value}<0.05$). 여성의 경우 유산소 운동을 했을 때 기준점 대비 Moderate는 0.016 높은 수치를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.01$). 그러나 Low의 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 유산소 운동을 하지 않았을 때는 High는 0.045 높은 수치, Low는 0.014 높은 수

치를 보였으며 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}>0.05$). 그러나 Moderate의 경우에는 통계적으로 유의하지 않았다($p\text{-value}>0.05$).

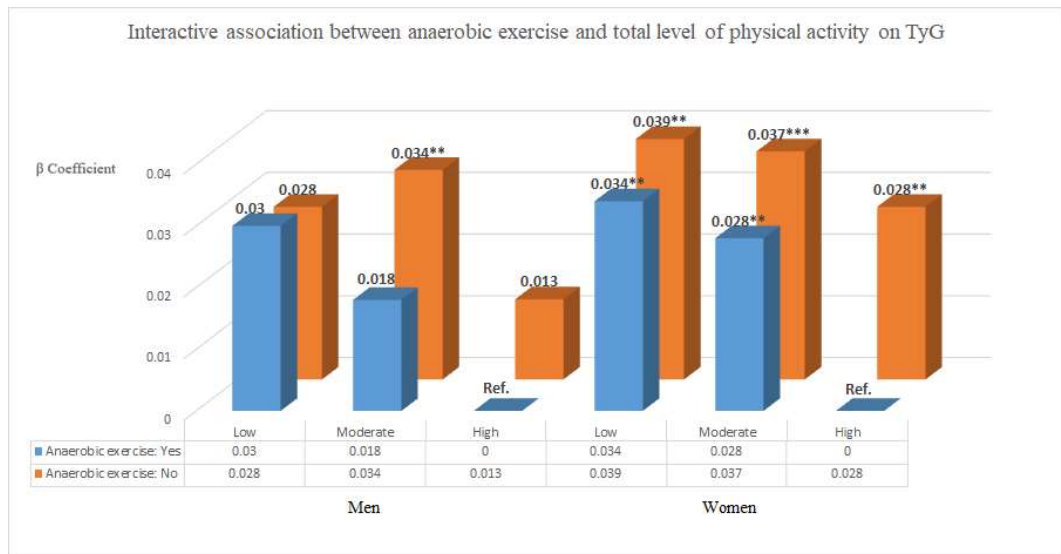


Figure 2. The result of multivariable regression analysis to investigate the interactive association between anaerobic exercise and total level of physical activity on TyG

Abbreviations: TyG index

Adjusted for other type of exercise, age group, household income group, economic activity status, frequency of binge alcohol drinking, pack-years smoked group, hypertension status, survey year, body mass index, total cholesterol, HDL-C, and LDL-C.

* <0.05 , ** <0.01 , *** <0.001

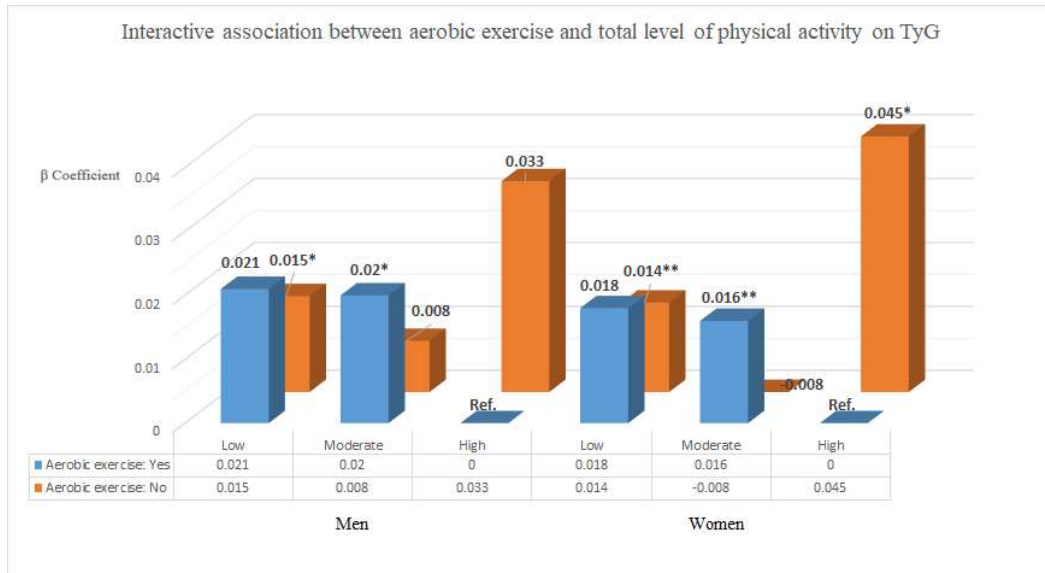


Figure 3. The result of multivariable regression analysis to investigate the interactive association between aerobic exercise and total level of physical activity on TyG

Abbreviations: TyG index

Adjusted for other type of exercise, age group, household income group, economic activity status, frequency of binge alcohol drinking, pack-years smoked group, hypertension status, survey year, body mass index, total cholesterol, HDL-C, and LDL-C.

* <0.05, **<0.01, ***<0.001

4.4 신체 활동 강도와 TyG 지수 간 연관 관계 분석을 위한 하위집단 회귀 분석 결과

<표 6>은 다른 공변량을 변화에 따른 신체 활동 레벨과 TyG 지수 간 연관 관계 분석을 위한 하위 집단 회귀 분석 결과이다. 하위 집단은 Level of physical activity의 level에 따라 low, moderate, high 세 개의 하위 집단으로 분류하였

다. 그리고 TyG 지수 변화를 Level of physical activity가 high일 때를 기준으로 연령, 소득수준, 경제활동 여부, 음주 빈도, 흡연량, 고혈압 상태의 공변량을 조정해 하위 집단 회귀분석을 수행하였다.

남자와 여자 모두 독립변수 중에서 연령, 소득수준, 경제활동 여부는 통계적으로 유의한 분석 결과를 보이지 않았다 ($p\text{-value}>0.05$). 남자의 경우는 고혈압 상태 또한 통계적으로 유의한 분석 결과를 보이지 않았다 ($p\text{-value} > 0.05$).

남자의 경우 음주 빈도를 변화시켰을 때 level of physical activity low 그룹에서 월 1-4회 음주일 때 기준점 대비 0.038 높은 수치(S.E. 0.018), 거의 매일 음주는 기준점 대비 0.108 높은 수치(S.E. 0.055)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 그러나 전혀 음주를 하지 않은 경우는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 level of physical activity moderate 그룹에서는 거의 매일 음주인 경우에만 0.018 높은 수치(S.E. 0.006)을 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 나머지 경우는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 여자의 경우 level of physical activity low 그룹에서 전혀 음주를 하지 않는 경우 기준점 대비 0.028 높은 수치(S.E. 0.010)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 나머지 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 level of physical activity moderate 그룹 역시 전혀 음주를 하지 않는 경우에만 기준점 대비 0.018 높은 수치(S.E. 0.006)로 통계적으로 유의한 결과를 보였으며($p\text{-value}<0.05$), 나머지 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$).

남자의 경우 흡연량을 변화시켰을 때 level of physical activity low 그룹에서 연 5갑 이상일 때 기준점 대비 0.031 높은 수치(S.E. 0.016)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}<0.05$). 그러나 비흡연, 연 5갑 이하인 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다($p\text{-value}>0.05$). 그리고 level of

physical activity moderate 그룹에서는 연 5갑 이상일 때 기준점 대비 0.028 높은 수치(S.E. 0.010)으로 통계적으로 유의한 결과를 보였다(p-value<0.05). 그러나 비흡연, 연 5갑 이하인 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p-value>0.05). 여성의 경우 흡연량을 변화시켰을 때 level of physical activity low 그룹에서 비흡연의 경우 기준점보다 0.021 높은 수치(S.E. 0.009)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 그리고 level of physical activity moderate 그룹에서는 비흡연의 경우 기준점보다 0.016 높은 수치(S.E. 0.005)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 연 5갑 이하, 연 5갑 이상의 경우는 두 그룹 모두 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p-value>0.05).

여자의 경우 고혈압 상태를 변화시켰을 때, level of physical activity low 그룹에서 정상인 경우 기준점 대비 0.028 높은 수치(S.E. 0.010), 고혈압 비치료의 경우 기준점 대비 0.018 높은 수치(S.E. 0.009)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 그리고 level of physical activity moderate 그룹에서는 정상인 경우 기준점 대비 0.018 높은 수치(S.E. 0.006), 고혈압 비치료의 경우 기준점 대비 0.015 높은 수치(S.E. 0.006)를 보였으며, 이는 통계적으로 유의했다(p-value<0.05). 두 그룹 모두 고혈압 전단계, 고혈압 치료중인 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(p-value>0.05).

표 6. 신체활동과 TyG 지수 간 연관 관계 분석을 위한 하위집단 회귀분석 결과

Variables	Level of physical activity †						
	Low			Moderate			High
	β	S.E.	P-value	β	S.E.	P-value	β
Men							
Age (years)							
19-29	0.039	0.031	.210	0.005	0.015	.736	Ref.
30-39	0.008	0.026	.745	0.022	0.014	.116	Ref.
40-49	0.031	0.024	.193	0.015	0.018	.382	Ref.
50-59	0.007	0.033	.830	0.039	0.021	.068	Ref.
≥60	-0.013	0.043	.768	0.026	0.017	.133	Ref.
Household income							
Low	0.004	0.059	.945	0.030	0.028	.294	Ref.
Mid-low	0.034	0.022	.134	0.016	0.017	.361	Ref.
Mid-high	0.027	0.019	.156	0.015	0.013	.251	Ref.
High	0.009	0.024	.714	0.016	0.012	.201	Ref.
Economic activity							
Yes	0.024	0.014	.103	0.012	0.010	.220	Ref.
No	0.016	0.048	.733	0.039	0.017	.022	Ref.
Frequency of binge alcohol drinking							
Never	-0.039	0.024	.114	0.010	0.011	.350	Ref.
1-4 times per month	0.038	0.018	.037	0.016	0.011	.156	Ref.
Almost everyday	0.108	0.055	.049	0.056	0.025	.024	Ref.
Pack-years smoked							
None	-0.005	0.028	.857	0.005	0.015	.723	Ref.
<5 pack-years	0.027	0.081	.734	-0.005	0.029	.865	Ref.
>5 pack-years	0.031	0.016	.053	0.028	0.010	.007	Ref.
Hypertension status							
Normal	0.029	0.018	.112	0.020	0.012	.078	Ref.
Pre-hypertension	0.019	0.023	.408	0.009	0.014	.539	Ref.
Hypertension with any kind of treatment †	0.025	0.035	.487	0.043	0.019	.023	Ref.
Hypertension without any kind of treatment †	0.021	0.014	.131	0.020	0.009	.026	Ref.
Women							
Age (years)							
19-29	0.020	0.024	.409	0.027	0.012	.022	Ref.
30-39	0.035	0.018	.050	-0.002	0.010	.837	Ref.
40-49	0.001	0.018	.974	0.019	0.010	.049	Ref.
50-59	-0.014	0.016	.389	-0.003	0.009	.733	Ref.
≥60	0.007	0.018	.710	0.033	0.011	.004	Ref.
Household income							
Low	0.031	0.035	.374	0.029	0.015	.057	Ref.
Mid-low	0.007	0.020	.718	0.005	0.010	.601	Ref.
Mid-high	0.007	0.013	.579	0.007	0.009	.409	Ref.
High	0.024	0.017	.161	0.021	0.009	.021	Ref.
Economic activity							
Yes	0.019	0.013	.158	0.015	0.008	.048	Ref.

No	0.014	0.011	.220	0.012	0.008	.103	Ref.
Frequency of binge alcohol drinking							
Never	0.028	0.010	.008	0.018	0.006	.002	Ref.
1-4 times per month	-0.018	0.015	.247	0.004	0.009	.655	Ref.
Almost everyday	-0.006	0.093	.946	-0.031	0.047	.514	Ref.
Pack-years smoked							
None	0.021	0.009	.021	0.016	0.005	.002	Ref.
<5 pack-years	0.025	0.042	.553	0.004	0.023	.848	Ref.
>5 pack-years	-0.039	0.038	.306	-0.013	0.018	.452	Ref.
Hypertension status							
Normal	0.028	0.010	.007	0.018	0.006	.002	Ref.
Pre-hypertension	-0.011	0.022	.611	-0.009	0.013	.469	Ref.
Hypertension with any kind of treatment ¶	-0.016	0.018	.387	0.023	0.014	.119	Ref.
Hypertension without any kind of treatment ¶	0.018	0.009	.058	0.015	0.006	.008	Ref.

Abbreviations: TyG index: triglycerides and glucose index; SD: standard deviation; HDL-C:

high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low density lipoprotein cholesterol

Adjusted for anaerobic exercise, aerobic exercise, age group, household income group, economic activity status, frequency of binge alcohol drinking, pack-years smoked group, hypertension status, survey year, body mass index, total cholesterol, HDL-C, and LDL-C.

† Classified by Metabolic Equivalent of Task (MET) through Korean version of Global Physical Activity Questionnaire developed by World Health Organization.

¶ Treatment for hypertension includes taking medication.

5. 고찰

5.1 연구방법에 대한 고찰

이 연구에서는 2016-2018년 국민건강영양조사 자료를 활용하여 연구에 선정된 10,537명의 일반인구집단을 대상으로 운동 강도 및 행태에 따른 Triglyceride과 Glucose의 연관성을 파악하기 위해 교란 작용을 할 수 있는 그 외의 다른 변수들을 통제된 상태에서 다변수 선형회귀분석을 하였다.

연구 대상자의 일반적 특성에 대해 각 성별 집단을 변수별로 나누어 인원수와 백분율로 분석하였고 TyG 지수의 일반적 특성을 분석하기 위하여 선형 회귀 분석을 실시하였다. 또한 성별 신체 활동과 TyG 지수 사이의 연관성을 조사하기 위해 다변수 선형회귀 분석을 실시하였으며 무산소 운동과 유산소 운동으로 분류되는 신체 활동의 유형과 신체 활동 총 강도 사이의 TyG 지수의 상호 연관 관계 분석을 위해 다변수 선형회귀 분석을 실시하였다. 그리고 성별, 소득수준, 음주 빈도, 흡연량, 고혈압 유형 등의 공변량의 변화에 따른 신체 활동 강도와 TyG 지수 사이의 연관 분석을 위해 하위 집단 선형회귀 분석을 실시하였다.

이 연구의 방법론적 제한점은 다음과 같다. 첫째, 연구 대상자들의 유산소 운동, 무산소 운동의 여부만 알 수 있었을 뿐 그에 대한 정량적인 정보가 반영되지 않았다. 그리고 통제된 환경에서 이루어진 운동 유형과 강도에 대한 측정이 아니기 때문에 유산소 운동과 무산소 운동 각 신체 활동과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지표에 대한 상호 연관 관계 분석을 위한 다변수 선형회귀분석을 수행했을 때 전체적으로 운동 강도가 상승함에 따라 TyG 지표가 감소하는 모습을 보이긴 했으나 일부 항목에서 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다 ($p\text{-value}>0.05$). 둘째, 개개인의 응답 자발성과 정직성에 근거한 국민건강영양

조사 자료에 비추어보았을 때 응답한 항목에 대해 완벽히 신뢰하기 어렵다는 점이다.

이러한 제한 사항에도 불구하고 여자의 경우 운동의 여부가 TyG 지수 감소와 유의미한 연관성이 있다는 점이 확인되었다. 특히 이러한 점은 무산소 운동을 수행했을 때 유의미한 결과를 보였다. 향후 운동 행태에 대한 세분화된 자료를 토대로 다양한 운동 행태가 TyG 지수에 미치는 영향에 대한 연구가 진행된다면 당뇨병 예방을 위한 구체적인 운동 행태를 제시할 수 있는 방안이 마련될 것이라 생각한다.

5.2 연구결과에 대한 고찰

의료기술의 발전으로 인하여 평균수명은 증가하고 있는 반면에 과식, 스트레스 및 운동부족 등의 원인으로 우리나라의 대표적인 만성질환인 고혈압과 당뇨병이 지속적으로 늘어나고 있다. 특히 고혈압에서 당뇨병으로 이어지는 경우가 많기 때문에 이를 방지하기 위해 적절한 중재적 조치가 필요하다. 현재의 치료 지침에서는 만성질환의 관리를 위하여 신체 활동을 포함한 비약리적 중재의 역할을 강조하고 있다. 이러한 이유에서 이 연구에서 당뇨병과 연관성이 입증된 간단한 대리지수인 TyG 지표의 활용을 위해 TyG 지표와 운동 여부의 연관성에 대하여 살펴보고자 하였다. 이를 위해 2016년-2018년에 실시된 국민건강영양조사에 측정된 24,269 명 중 연구에 적합한 10,556 명의 연구 대상의 조사 결과를 바탕으로 고혈압에서 당뇨병으로 이어지는 중재적 조치를 위한 운동의 유형과 강도를 파악하였다. 미국 당뇨병협회에서는 신체 활동량의 증가가 중요하다고 하였다(Ruderman et al., 2002). 이와 관련하여 제2형 당뇨병환자 에게 약물요법과 운동요법을 병행하였을 경우가 약물요법만 처치했을 때보다 당뇨 지표, 혈중 지질 및 골밀도가 향상되었다고 보고하였고(Choi, 2011), Lee와 Park(2014)은

당뇨병 환자는 저강도의 유산소 운동보다 중강도와 고강도의 유산소 운동이 혈당 수치 감소에 더 효과적이었다고 하였다. 또한 Lee 등(2001)은 유산소운동과 대근육을 자극하는 저항 운동을 복합적으로 구성하는 것이 유산소 운동만 적용한 경우보다 혈당 조절 개선에 더 효과적이라고 하였다.

An (2005)은 저항운동은 근력 및 지구력 향상뿐만 아니라 생리적 기능 향상에 효과적이었다고 하였다. 또한 김소현 (2011)은 운동을 하는 경우 근육의 주된 연료가 유리지방산에서 유리지방산, 포도당, 근육 내 글리코겐 등으로 다양해지며 운동의 강도가 증가함에 따라 탄수화물이 근육의 연료로 더 중요한 역할을 한다. 고강도 운동의 초기에는 주로 근육의 글리코겐이 사용되고 운동시간이 길어지고 근육의 글리코겐이 고갈되어감에 따라 혈중 포도당과 유리지방산의 흡수와 사용이 증가된다. 운동에 의한 대사변화는 여러 인자에 의해 영향을 받지만 가장 큰 영향 인자는 운동의 강도와 지속시간이라고 하였다. 선행연구에서 살펴보았듯이 운동의 강도가 커지면 혈중포도당 사용이 증가함에 따라 인슐린 감수성이 증가되어 TyG 지수의 변화와 연관성이 있음을 나타내고 있다. 하지만 이러한 연관성은 남녀에서 차이가 보이는데 이는 선행연구를 살펴보면 신체적 기전의 차이에서 나타난다고 볼 수 있다. 남녀는 신체구성에서 여자가 체지방량이 많고 제지방 및 근육량이 적은 것이 가장 대표적인 특성이며, 특히 남자보다 상대적으로 높은 피하지방 및 내장기관에 축적된 지방량을 나타낸다. 체지방률에서 여자가 남자보다 현저히 높게 되면서 운동능력발휘에 부정적으로 작용한다.

운동 시 반응과 관련하여 중요한 차이에서 여자는 남자보다 지방에 대한 상대적 의존도가 높게 나타나며 (Tarnopolsky et al., 1995), 이와 관련된 요인으로서는 근육 내 중성지방량의 증가(Steffensen et al., 2002)와 낮은 수준의 혈중 카테콜라민 농도(Horton et al., 1998)에 기인하는 것으로 알려져 있다. 또한 Horton 등(2006)은 20-45세 사이의 남자 13명과 여자 11명을 대상으로 90분 간의 운동 시 글루코스 변화를 분석한 결과 여자가 남자보다 동원양상이 저하되

면서 상대적으로 지방에 대한 의존도가 높게 나타나며, 이러한 차이는 운동 중에는 에피네프린, 운동 후에는 글루카곤의 분비양상 차이에 기인한다고 보고한 바 있다. 대상자의 특성에 따라 월1-4회 음주, 매일 음주, 연 5갑이하 흡연, 연 5갑이상 흡연의 경우에서 운동과 TyG 지수는 다른 연관성을 보이는데 이는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이 연구 결과에 따르면 인구학적 특성, 사회적 특성보다도 이 연구에서 주목하고자 하는 관심 변수인 운동 여부와 관련된 신체 활동의 유형과 신체활동의 총 강도 사이의 TyG 지표에 대한 상호 연관 관계 분석을 위한 다변수 선형회귀 분석을 수행했을 때 TyG 지표가 운동의 강도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 여자의 경우 무산소 운동을 했을 때 이 연구에서 파악하고자 하는 경향을 더욱 뚜렷하게 보였는데, 무산소 운동을 했을 때가 하지 않았을 때보다 낮은 TyG 지표를 보였으며, 신체 활동의 강도가 높아질수록 낮은 TyG 지표를 보였다.

그리고 신체 활동의 단계에 따라 low, moderate, high 세 개의 하위 집단으로 분류해 하위집단 회귀 분석을 수행했을 때 연령이나 소득 수준 보다도 신체에 직접적인 영향을 미치는 음주 빈도와 흡연량에 있어 신체 활동의 단계가 높을수록 낮은 TyG 지표를 보여 일상적인 생활에서도 많은 신체 활동을 할수록 TyG 지표가 감소하는 경향을 살필 수 있었다. 운동을 많이 할수록 중성지방 감소와 근육-혈당대사 촉진으로 혈청 및 조직의 중성지방 감소로 인해 인슐린 감수성이 향상되며 이는 신체활동 단계가 높을수록 인슐린 감수성이 증가되면서 TyG 지수가 낮아지는데 긍정적인 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

6. 결론 및 제언

당뇨병은 각종 질환의 주요 원인이 되며, 적절한 관리를 통해 예방한다면 국민의 건강과 더불어 국가 차원에서도 건강보험 진료비 중 현재 많은 비율을 차지하고 있는 고혈압과 당뇨병의 질병부담액을 경감시킬 수 있어 국가 차원에서도 만성질환 관리사업의 일환으로 관리하고 있는 질병이다.

이에 이 연구에서 2016년부터 2018년까지 국민건강영양조사에서 보고된 남, 녀 10,537 명을 대상으로 당뇨병 판단의 유효한 지표인 TyG 지수에 영향을 주는 운동 여부를 주요 관심변수로 설정해 이에 대해 살펴보고 무산소와 유산소 운동 여부가 TyG 지수 감소에 영향을 주는지 알아보고자 하였다. 운동의 강도가 높을수록 TyG 지수가 감소하는 경향을 보이기는 하였으나 일부 항목에서 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않은 점은 통제된 환경에서 이루어진 운동 유형과 강도에 대한 정량적인 정보가 반영되지 않은 점으로 파악되며 이는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 여자의 경우 운동과 TyG 지표와의 상관관계에 있어 유의미한 결과를 보였지만 남성의 경우는 확실한 결론을 내리기 어려운 결과가 도출되었고 이는 성별에 따라 운동 효과에 따른 TyG 지표가 민감성이 달라질 수 있다는 점으로 남성의 운동 종류와 강도를 연구하여 운동의 효과를 파악하고 TyG 지표변화를 살펴볼 필요가 있다. 여자의 경우 무산소 운동을 수행했을 때 유의미한 결과를 보인 점으로 무산소운동의 세분화된 운동 행태를 토대로 운동의 저항성과 TyG 지표의 연관성 연구를 통해 당뇨병을 예방할 수 있는 구체적인 방안이 마련될 수 있을 것이라 생각한다. 선행연구를 통해 향후 유산소운동과 무산소운동을 함께 하는 경우 각각을 단독으로 시행했을 때보다 TyG지수에 긍정적인 효과를 미칠 수 있다고 여겨지며 운동행태와 강도, 지속시간 등 정량적인 정보를 마련하여 단독으로 시행한 운동과 복합으로 시행한 운동 행태를 비교한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- 공덕역. 8주간 복합운동프로그램이 중국 남자대학생들의 신체조성, 체력 및 당화혈색소에 미치는 영향[석사학위논문]. 인천: 가천대학교; 2019.
- 구미옥. 제2형 당뇨병 환자의 혈당조절에 대한 영향요인: 제6기 국민건강영양조사자료(2013-2015)활용. 성인간호학회지 2019;31(3):235-248.
- 국민건강보험공단. 만성질환관리제 건강지원서비스 업무처리지침(2012) 국제당뇨병연맹. IDF 당뇨 연감, 2013.
- 권혁상, 김원호, 이대연 등. 우리나라 당뇨병의 현황과 중재 연구의 필요성. 주간건강과 질병 2015;8(32):746-753.
- 김선강, 박영환, 최옥진. 코어트레이닝 방법에 따른 중학생 축구선수의 체력과 기본기술 수행능력의 차이. 한국스포츠학회지. 2018;16(2):805-814.
- 김성호. 12주간 복합운동이 30대 마른비만 여성의 건강관련체력, 대사증후군위험인자 및 당화혈색소에 미치는 영향[석사학위논문]. 부산: 부산대학교; 2019.
- 김청미. 체중부하운동이 고령여성의 신체조성과 기초체력 및 당화혈색소에 미치는 영향. [석사학위논문]. 전남: 동신대학교; 2018.
- 김희연, 김혜숙. 제2형 당뇨병환자의 당화혈색소(HbA1c) 수치 조절에 미치는 영향요인. 융합정보논문지 2018;8(6):75-84.
- 대한당뇨병학회. 건강보험심사평가원. 당뇨병 기초통계연구 Task Force Team 보고서. 2007.
- 배지철, 김만겸, 김성철, 김홍. 16주간 복합운동프로그램 작용이 고령 남성 노인의 신체구성, 심혈관기능 및 최대근력에 미치는 효과. 운동과학 2010; 19(4):381-390.

- 서신배, 박규정, 김동현. 맨손운동, 탄력밴드 운동과 균형 운동이 고령자의 자세 균형 기능 및 체간 근력 증진에 미치는 효과. 한국정밀공학회지 2016; 33(12):1031-1037.
- 신철화, 김찬규, 장일용, 이은상, 정대인. 인솔 높이에 따른 복합운동 프로그램 적용 시 20대 비만 여대생의 신체생리 및 체력적 기능 변화. 한국콘텐츠학회 2015;15(10):336-345.
- 유재희. 효능자원을 이용한 개별유산소운동 프로그램이 폐경 후 당뇨환자의 생리적 지표와 삶의 질에 미치는 효과[박사학위논문]. 서울: 경희대학교; 2002.
- 유해영. 제2형 당뇨 환자의 식습관, 운동습관, 스트레스, 당화혈색소와의 관련성에 관한 연구[석사학위논문]. 서울: 연세대학교; 2003.
- 이영실, 문성수. 한국인 당뇨병의 진단을 위한 당화혈색소 측정의 유용성. 대한내과학회지 2011;80(3):291-297.
- 이희영, 서현주, 장보형. 한국의료현황분석. 한국보건의료연구원 연구보고서 2010.
- 장운호, 신상근. 장기간 저강도 복합운동이 여성 노인의 기능체력, 보행속도 및 신체조성에 미치는 영향. 한국체육과학회지 2017;26(3):1191-1203.
- 전영옥. 당뇨병 대상자의 삶의 질[석사학위논문]. 강원도: 강릉원주대학교; 2015.
- 조비룡, 김희선, 박진호 등. 만성질환의 효율적 질적 관리를 위한 한국형 일차의료 서비스제공 모형 개발. 한국보건의료연구원 연구보고서, 2017.
- 질병관리본부. 국민건강영양조사 제3기 조사결과 심층분석 연구; 건강면접 및 보건의식부문 2007:27.
- 질병관리본부. 제7기 국민건강영양조사. 2018.
- 최성훈, Cardiovascular.update.topic2 고혈압과 당뇨병 m.circulation.or.kr

- 최현아, 김예영, 이만균. 8주간의 유산소운동과 resveratrol 섭취가 제2형 당뇨병 여성 노인의 체력, 인슐린 저항성, 간기능 및 혈압에 미치는 영향. *체육과학연구* 2016;27(3):507-522.
- ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 2016. *Advances in Food&Nutrition Research*. 2004:162-166.
- American Diabetes Association. Standards of Medical care in diabetes - 2017. *Diabetes Care* 2017;40(Suppl. 1):S1-S135.
- American Journal of Physiology*. 1979. 237: E214-223.
- An KH. The effects of exercise type on bodycomposition, cardiovascular fitness, physical performance and biochemical variables in type 2 diabetic patients. *Korean J Phys Edu*. 2005;44(5):451-62.
- Appel LJ. Lifestyle modification as a means to prevent and treat high blood pressure. *J Am Soc Nephrol*. 2003;14:S99-s102.
- Patel A, ADVANCE Collaborative advance Group, MacMahon S, et al. Effects of a fixed combination of perindopril and indapamide on macrovascular and microvascular outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus (the ADVANCE trial): a randomized controlled trial. *Lancet* 2007;370:829-840.
- Ballor DL, Katch V L, Becque MD, Marks CR, Chan JC, Malik V, Jia W, Kadowaki T, Yajnik CS, Yoon KH, et al. Diabetes in Asia: epidemiology, risk factors, and pathophysiology. *JAMA* 2009; 301(20):2129-40.
- Bonora E, Targher G, Alberiche M, Bonadonna RC, Saggiani F, Brook RD, Appel LJ, Rubenfire M, Ogedegbe G, Bisognano JD, Elliott WJ, et al. Beyond medications and diet: alternative approaches

to lowering blood pressure: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension* 2013;61(6):1360-83. Epub 2013 Apr 22. The role of exercise training in the treatment of hypertension: an update. *Sports Med.* 2000 Sep;30(3):193-206.

Clements KM, Ryan ND, Kehayias J, Fielding RA, Evans WJ. Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol* 1995;66(1):8-13.

Choi PB. Effect of long-term regular exercise and drug therapy on diabetes indicators, lipid profiles, and bone mineral density in patients with type II diabetes mellitus. *Korean J Phys Edu.* 2011;50(3):513-22.

Colberg SR, Hagberg JM, McCole SD, Zmuda JM, Thompson PD, Kelley DE. Utilization of glycogen but not plasma glucose is reduced in individuals with NIDDM during mild-intensity exercise. *Journal of Applied Physiology.* 1996; 81(5):2027-33.

Cushman WC. The burden of uncontrolled hypertension: morbidity and mortality associated with disease progression. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2003;5:14-22.

Dauchet L, Kesse-Guyot E, Czernichow S, Bertrais S, Estaquio C, Péneau S, Vergnaud A-C, Chat-Yung S, Castetbon K, Deschamps V, Brindel P, Hercberg S. Dietary patterns and blood pressure change over 5-y follow-up in the SU.VI.MAX cohort. *Am J Clin Nutr.* 2007;85:1650-6.

Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J,

- Zimmet P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002;25(10):1729-36.
- Guerrero-Romero F, Simental-Mendia LE, Gonzalez-Ortiz M, Martinez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernandez-Gonzalez SO, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95:3347-51.
- Hackam DG, Quinn RR, Ravani P, Rabi DM, Dasgupta K, Daskalopoulou SS, et al. The 2013 Canadian Hypertension Education Program recommendations for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk, prevention, and treatment of hypertension. *Can J Cardiol* 2013;29(5):528-42. Epub 2013 Mar 29.
- Horton, T. J., Grunwald, G. K., Lavelly, J., & Donahoo, W. T. (2006). Glucose kinetics differ between women and men, during and after exercise. *J. Appl. Physiol.*, 100, 1883-1894.
- Horton, T. J., Pagliassotti, M. J., Hobbs, K., & Hill, J.O. (1998). Full metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *J. Appl. Physiol.*, 85, 1823-1832.
- IDF. IDF Atlas, Delice gan 7thEdition, 2015
- Kamejiro Yamashita et al.,(1998).Prescription of physical exercise for diabetics, diabetes, 41,229-238
- Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE. Hormonal lean body weight maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition* 1988;47: 19-25.

- Lackland DT, Weber MA. Global burden of cardiovascular disease and stroke: hypertension at the Core. *Can J Cardiol.* 2015;31:569-71.
- Lee SH, Kwon HS, Park YM, Ha HS, Jeong SH, Yang HK, Lee JH, Yim HW, Kang MI, Lee WC, Son HY, Yoon KH. Predicting the development of diabetes using the product of triglycerides and glucose: The Chungju Metabolic Disease Cohort (CMC) study. *Public Library of Science One.* 2014. 28: e90430.
- Lee H-Y, Shin J, Kim G-H, Park S, Ihm S-H, Kim HC, K-i K, Kim JH, Lee JH, Park J-M, Pyun WB, Chae SC. 2018 Korean Society of Hypertension Guidelines for the management of hypertension: part II-diagnosis and treatment of hypertension. *Clin Hypertens.* 2019;25:20.
- Lee SH, Park DH. Blood Glucose Response to Various Exercise Intensities in Children and Adolescence with Type1 Diabetes *Exer Sci.* 2014;23(2):139-47.
- Li R, Li Q, Cui M, Yin Z, Li L, Zhong T, Huo Y, and Xie P. Clinical surrogate markers for predicting metabolic syndrome in middleaged and elderly Chinese. *Journal of Diabetes Investigation* 2017. (in press)
- Mugo MN, Stump CS, Rao PG, Sowers JR. Chapter 34: Hypertension and Diabetes Mellitus. *Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease.* Copyright Elsevier, 2007
- Navarro-González D, Sánchez-Íñigo L, Pastrana-Delgado J, Fernández-Montero A, and Martínez JA. Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved

- diabetes prediction in patients with normal fasting glucose: The Vascular-Metabolic CUN cohort. *Preventive Medicine* 2016;86: 99-105.
- Nam H. Cho, Kyoung Min Kim, Sung Hee Choi, et al. High Blood Pressure and Its Association With Incident Diabetes Over 10 Years in the Korean Genome and Epidemiology Study (KOGES). *Diabetes Care* 2015;38:1333-1338.
- O'Brien E. The lancet commission on hypertension: addressing the global burden of raised blood pressure on current and future generations. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2017;19:564-8.
- Rohlfing CL, Wiedmeyer HM, Little RR, England JD, Tennill A, Goldstein DE. Defining the relationship between plasma glucose and HbA(1c): analysis of glucose profiles and HbA(1c) in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes Care* 2002; 25(2):275-8.
- Ruderman, Neil, Devlin, et al. Handbook of exercise in diabetes. American Diabetes Association. 2002.
- Simental-Mendia LE, Rodriguez-Moran M, Guerrero-Romero F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. *Metab Syndr Relat Disord*. 2008;6:299-304.
- Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., Philips, S. M., & MacDougall, J. D. (1995). Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. *J. Appl. Physiol.*, 78, 1360-1368.
- UK Prospective Diabetes Study Group. Tight blood pressure control

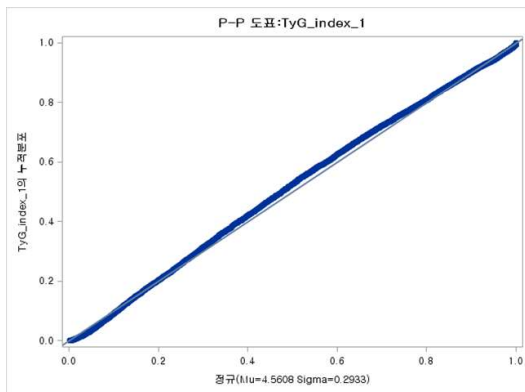
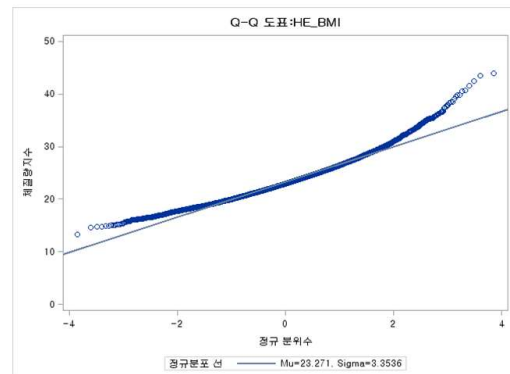
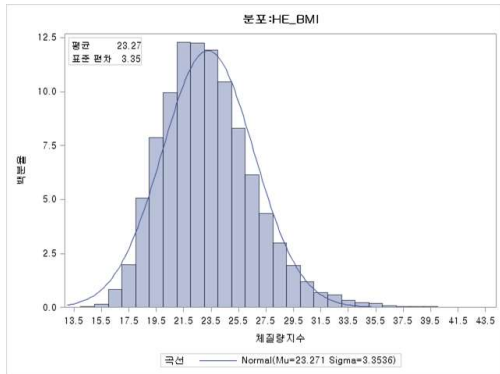
- and risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes. *BMJ* 1998;317:703-713.
- Vasan RS, Beiser A, Seshadri S, Larson MG, Kannel WB, D'Agostino RB, Levy D. Residual lifetime risk for developing hypertension in middle-aged women and men: the Framingham heart study. *JAMA*. 2002;287:1003-10.
- Vuori I. Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1995;276-285.
- Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, DePalma SM, Gidding S, Jamerson KA, Jones DW, MacLaughlin EJ, Muntner P, Ovbiagele B, Smith SC Jr, Spencer CC, Stafford RS, Taler SJ, Thomas RJ, Williams KA Sr, Williamson JD, Wright JT Jr. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and Management of High Blood Pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*. 2018;138:e484-594.
- Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE, Collins KJ, Himmelfarb CD, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults. *Hypertension* 2018;71:e13-e115.
- World Health Organization, Global strategy on diet, physical activity

and health. World Health Assembly Resolution WHA57.17.
Geneva: May 22, 2004.

Zenere MB, Monauni T, Muggeo M. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. *Diabetes Care*. 2000; 23: 57-63.

부록. 정규분포에 대한 적합도 검정

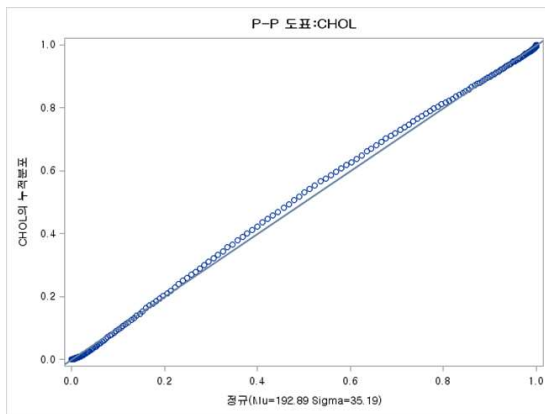
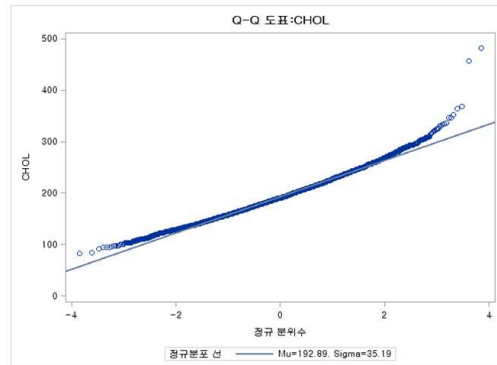
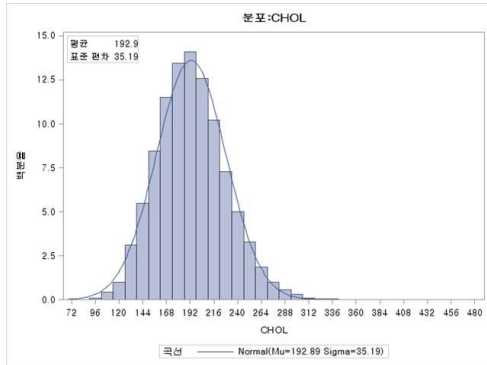
부도 1. HE_BMI 분포도



Goodness-of-Fit Tests for Normal Distribution

Dependent variable	TyG index		
	Test	Statistic	P-value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.03932	Pr > D <0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	6.8543	Pr > W-Sq <0.005
Anderson-Darling	A-Sq	45.35368	Pr > A-Sq <0.005
Chi-Square	Chi-Sq	6034.61085	Pr > Chi-Sq <0.001

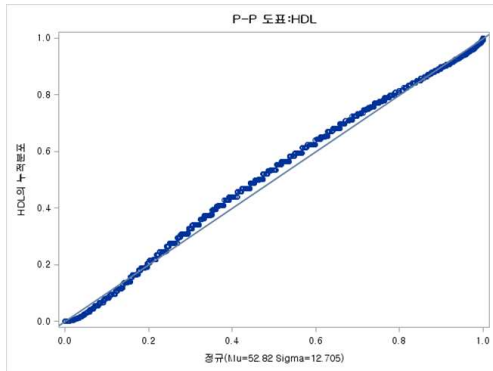
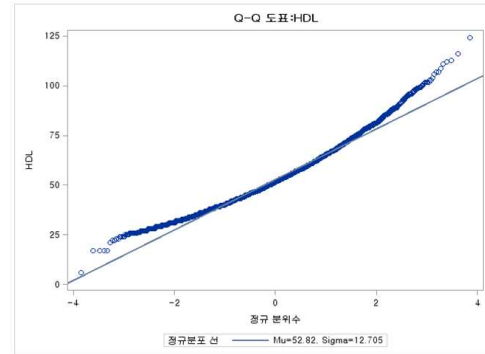
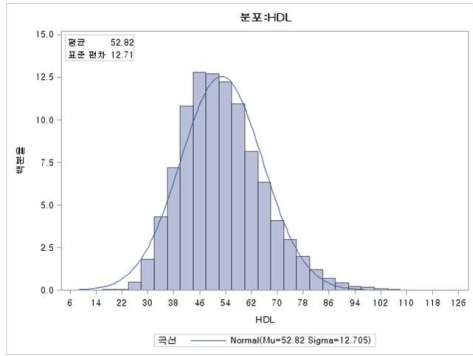
부도 2. CHOL 분포도



Goodness-of-Fit Tests for Normal Distribution

Dependent variable	TyG index			
	Test	Statistic	DF	P-value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.03034		Pr > D < 0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	2.229748		Pr > W-Sq < 0.005
Anderson-Darling	A-Sq	14.181995		Pr > A-Sq < 0.005
Chi-Square	Chi-Sq	625.992458	31	Pr > Chi-Sq < 0.001

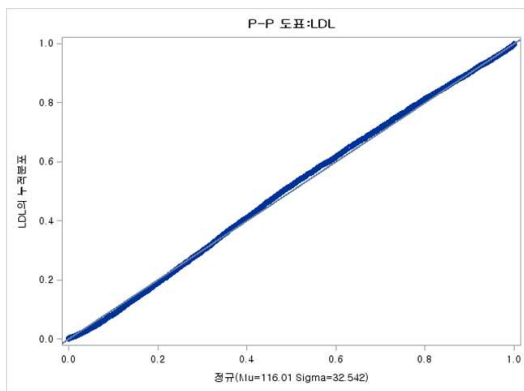
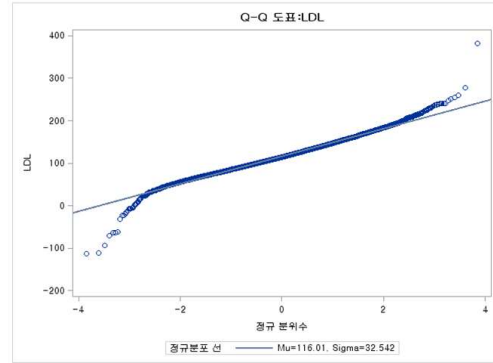
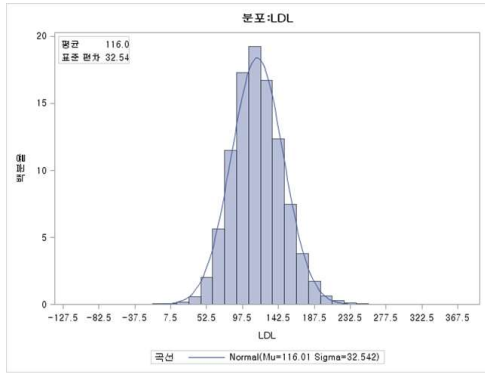
부도 3. HDL 분포도



Goodness-of-Fit Tests for Normal Distribution

Dependent variable	TyG index			
	Test	Statistic	DF	P-value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.04773		Pr > D <0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	6.96106		Pr > W-Sq <0.005
Anderson-Darling	A-Sq	44.34764		Pr > A-Sq <0.005
Chi-Square	Chi-Sq	1350.81176	28	Pr > Chi-Sq <0.001

부도 4. LDL 분포도



Goodness-of-Fit Tests for Normal Distribution

Dependent variable	TyG index			
	Test	Statistic	DF	P-value
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0224		Pr > D <0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	1.7323		Pr > W-Sq <0.005
Anderson-Darling	A-Sq	11.5684		Pr > A-Sq <0.005
Chi-Square	Chi-Sq	51737.50 12	31	Pr > Chi-Sq <0.001

ABSTRACT

The Relationship between Exercise Behavior and Insulin Resistance in Hypertension Patients: Using Triglyceride and Glucose Index

TAE HEE PARK

Dept. of Health Policy Management

Graduate School of Public Health

Yonsei University

(Directed by Professor Eun-Cheol Park, MD, PhD)

Background: In 2015, the prevalence of diabetes over the age of 30 in Korea was 9.5%, respectively. In particular, the prevalence of diabetes over the age of 65 rapidly increased to 30.4%. The number of diabetics is increasing. Diabetes depends on genetic trends, dietary habits, stress levels, comorbidities and exercise. Aerobic and anaerobic exercise has been reported to improve cardiovascular function, reduce arteriosclerosis, and improve insulin sensitivity.

Methods: The study analyzed, the association between exercise behavior in patients with hypertension and TyG (triglyceride and

glucose) index was studied. For research, 4,121 males and 6,416 females were selected among patients with hypertension and prehypertension from 2016 to 2018. The TyG index according to exercise behavior was analyzed and linear regression analysis was performed to identify general characteristics of TyG index. Multivariate regression was also performed to investigate the association between gender physical activity and TyG index. And subgroup analysis was conducted for the association analysis between TyG index and intensity of physical activity according to changes in the covariates of gender, income level, frequency of drinking, amount of smoking and type of hypertension.

Results: In the analysis of the correlation between the TyG index between the total strength of anaerobic exercise and physical activity, for men, the moderate was 0.018 higher than the reference point and the low was 0.03 higher than the reference point (p -value >0.05), showing no statistically significant results (p -value >0.05). In addition, when anaerobic exercise was not performed, the high was 0.013 higher than the reference point, the moderate was 0.034 higher, the low was 0.028 higher, and only the moderate was statistically significant (p -value <0.01). For women, the moderate was 0.028 higher than the reference point and the low was 0.034 higher when anaerobic exercise was performed, which was statistically significant (p -value <0.01). And when anaerobic exercise was not performed, the high was 0.028 higher than the reference point, the moderate was 0.037 higher, and the low was 0.039 higher, which was statistically significant

(p-value <0.01).

In the analysis of the correlation between the TyG index between aerobic exercise and total strength of physical activity, men displayed 0.02 higher moderate and 0.02 higher low than the reference point when aerobic exercise was performed, and only for Moderate was statistically significant (p-value <0.05). And when aerobic exercise was not performed, the high was 0.033 higher than the reference point, the moderate was 0.008 higher, the low was 0.015 higher, and only the low was statistically significant (p-value>0.05). For women, the moderate was 0.016 higher than the reference point when aerobic exercise was performed, which was statistically significant (p-value< 0.01). However, for Low there were no statistically significant results (p-value>0.05). And when aerobic exercise was not performed, High was 0.045 higher and Low was 0.014 higher, which was statistically significant (p-value>0.05). However, for Moderate, it was not statistically significant (p-value>0.05).

Conclusions: This study shows that High blood pressure and diabetes are the main causes of various diseases, and if prevented through proper management, they can reduce the burden of high blood pressure and diabetes, which currently account for a large percentage of health insurance premiums at the national level, as well as the health of the people, which is managed as part of the chronic disease management project at the national level.

In this study, 10,537 men and women with hypertension and hypertension, reported in the National Health and Nutrition Survey

from 2016 to 2018, were established as key variables to determine whether anaerobic and aerobic exercise affects the decrease in TyG index. Prevention has become an important issue not only for diabetes, but also for high blood pressure and treatment. Although the TyG index tended to decrease as the intensity of exercise increased, some of the items did not show statistically significant results. It is understood that quantitative information about the type and intensity of exercise performed in a controlled environment was not reflected. This seems to require further research in the future. In addition, in the case of women, there was a significant result in the correlation between exercise and TyG index, but in men, it was difficult to draw a definitive conclusion. It is necessary to understand the effect of exercise by studying the type and intensity of exercise and examine the changes in TyG indicators.

In addition, through previous studies, if aerobic exercise and anaerobic exercise are performed together, it is believed that it can have a more positive effect on TyG indicators than when each was performed alone. Additional research is needed to compare the exercise behaviors with the exercise.

Keywords: High blood pressure; diabetes mellitus; anaerobic exercise (TyG index)