



근감소 위험 당뇨병 환자를 위한 범이론 모델 기반 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램이 근지표, 혈당조절 및 삶의 질에 미치는 효과

문서영¹⁾ · 김춘자²⁾

¹⁾아주대학교 대학원 간호학과 석사과정생, ²⁾아주대학교 간호대학 · 간호과학연구소 교수

Effects of a Muscle-Strengthening Circuit Exercise Program Based on Transtheoretical Model on Muscle Index, Glycemic Control, and Quality of Life in Patients with Diabetes

Moon, Seo-Young¹⁾ · Kim, Chun-Ja²⁾

¹⁾Graduate Student, Department of Nursing, Ajou University Graduate School, Suwon, Korea

²⁾Professor, College of Nursing · Research Institute of Nursing Science, Ajou University, Suwon, Korea

Purpose: Using a transtheoretical model, this study examines the effects of a stage-matched muscle-strengthening circuit exercise program on muscle index, glycemic control, and quality of life in people with diabetes. **Methods:** The study used a controlled trial with a convenience sample of 49 people with diabetes in a university hospital. The participants in the experimental group underwent weekly education and counseling with booklets and video clips for muscle-strengthening circuit exercises, in an 8-week program, whereas those in the control group received usual care. The outcomes were assessed using self-reported questionnaires, anthropometrics, and blood analyses. The intervention effects were analyzed using an independent t-test. **Results:** The mean age was 57.4 years, and 67.3% of the participants were male. At 8 weeks, the experimental group, compared with the control group, demonstrated a significant decrease in glycated hemoglobin (-0.20 vs. 0.17; $p=.002$) and improvement in quality of life (9.46 vs. -1.20); however there was no difference in muscle index. **Conclusion:** This study provides evidence that a stage-matched muscle-strengthening circuit exercise program improves glycemic control and quality of life in people with diabetes. Longitudinal studies are warranted to examine muscle indices in this program.

Key Words: Diabetes mellitus; Glycosylated hemoglobin A; Muscles; Quality of life; Transtheoretical model

서론

1. 연구의 필요성

당뇨병은 인슐린 분비 부족 또는 기능 저하로 발생하는 만성

대사성 질환으로, 국내외에서 당뇨병 환자 수가 증가하고 있다. 국제적으로 20~79세 성인 중 당뇨병 인구는 약 5억 8,900만 명(11.1%)이며, 2050년까지 8억 5,300만 명(13%)으로 증가할 것으로 전망된다(International Diabetes Federation [IDF], 2025). 국내에서도 증가추세로 보이며 30세 이상 성인의 당뇨

주요어: 당뇨병, 혈당조절, 근지표, 삶의 질, 범이론적 모델

Corresponding author: Kim, Chun-Ja <https://orcid.org/0000-0002-7594-5418>
College of Nursing, Ajou University, 164 Worldcup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16499, Korea.
Tel: +82-31-219-7017, Fax: +82-31-219-7020, E-mail: ckimha@ajou.ac.kr

- 본 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 석사과정생 연구장려금 기초연구사업의 지원을 받아 수행됨 (과제번호: RS-2024-00466127).

- This study was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grant no. RS-2024-00466127).

Received: Nov 19, 2025 | Revised: Apr 2, 2026 | Accepted: Apr 20, 2026

병 유병률은 15.5%, 65세 이상 노인의 경우 29.3%로 보고되고 있다(Park et al., 2025). 당뇨병은 심혈관 질환과 만성 합병증 발생 위험을 높일 뿐만 아니라(IDF, 2025), 골격근량 감소와도 밀접한 관련이 있어 근감소증 발생 위험을 1.5배 증가시키며(Anagnostis et al., 2020), 궁극적으로 당뇨병 환자의 삶의 질을 저하시키는 주된 요인으로 작용한다(Lee et al., 2020).

혈당조절에서 핵심적 역할을 하는 근육은 체내 포도당 저장량의 약 80% 이상을 차지하는 인슐린 매개 포도당 흡수의 가장 주요한 기관이다(Merz & Thurmond, 2020). 그러나 당뇨병은 인슐린 저항성과 고혈당 상태로 인해 단백질 합성을 억제하고 근육량 감소를 촉진하여 혈당조절이 취약하게 된다(Mori et al., 2019; Merz & Thurmond, 2020). 근육량 감소는 신체 활동량 감소로 이어지고, 이는 골격근량 감소와 체지방 증가를 초래하여 악순환을 가져온다. 특히 당화최종산물(Advanced Glycation End-Products, AGEs)의 축적은 근감소증을 가속화하고, 신체기능 저하와 혈당조절의 악화를 유발하는 것으로 보고되고 있다(Mori et al., 2019). 이러한 병태생리적 악순환은 단순히 신체기능 저하에 그치지 않고 합병증 위험 증가와 삶의 질 저하로 이어진다(Lee et al., 2020). 따라서 당뇨병 환자의 혈당조절을 개선하고 삶의 질 향상을 위해서는 당뇨 자가관리와 함께 규칙적인 신체활동이 필수적이다(Kobayashi et al., 2023; Lee et al., 2020; Lee & Lee, 2021).

당뇨병 환자에서 혈당 관리를 위해 신체활동 중에서도 근력 운동의 중요성이 강조되고 있다. 미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine [ACSM])에서 발표한 합의 성명서(Kanaley et al., 2022)에 따르면, 당뇨병 환자의 혈당조절을 위해 주당 150~300분의 중등도 유산소 운동과 주 2회 이상의 근력강화 운동을 권고하고 있다. 최근 정상 체중 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 한 국외 연구에서, 유산소 운동만 시행한 군은 당화혈색소(Glycosylated hemoglobin, HbA1c)가 0.24% 감소한 반면, 근력운동을 실시한 군에서는 0.44% 감소하였다(Kobayashi et al., 2023). 이는 포도당을 근육에서 가장 많이 소모하기 때문에, 혈당조절을 위해서는 유산소 운동과 함께 근력운동이 필수적임을 시사한다.

근력강화 순환(서킷)운동은 근력과 지구력을 동시에 향상 시키도록 설계된 운동 방식이다. 일정 시간 동안 여러 근육을 자극하는 운동을 연속적으로 수행함으로써 근력과 심폐지구력이 강화됨과 동시에 혈당조절에도 긍정적인 영향을 준다(Buch et al., 2017). 최근 근력(저항)운동과 당화혈색소(HbA1c)에 미치는 효과를 분석한 메타분석 연구에서 근력(저항)운동으로 인한 근육지표(골격근량, 악력 등) 향상이 클수록

당화혈색소 감소 효과의 크기가 큰 것으로 나타났다(Jansson, Chan, Lubans, Duncan, & Plotnikoff, 2022). 따라서 근력(저항)운동은 근육량 유지 및 혈당조절 기능 향상에 효과적일 뿐 아니라, 서킷운동은 근지구력과 심폐 지구력을 동시에 개선(Arazi, Gholizadeh, Sohbatzadeh, & Eghbali, 2020; Buch et al., 2017; Kanaley et al., 2022)할 수 있어 근감소 위험이 있는 당뇨병 환자의 운동 시작 및 지속 단계에서 혈당조절에 효과적인 운동으로 권고된다(Arazi et al., 2020). 또한 신체활동 증가는 일상생활 수행능력 향상과 피로감 감소, 수면의 질 개선, 정서적 안정 등으로 이어져 건강 관련 삶의 질을 높이는 것으로 나타났다(Hong & Yoo, 2021; Lee et al., 2020). 이러한 맥락에서 근력강화 순환(서킷)운동은 단순한 혈당조절 효과를 넘어 신체기능 향상과 정서·심리적 안정에도 영향을 미쳐 삶의 질 향상에도 기여할 수 있다.

규칙적인 운동의 이점에도 불구하고(Jansson et al., 2022; Kobayashi et al., 2023), 실제 당뇨병 환자들의 지속적인 운동 실천은 여전히 낮은 수준에 머물러 있다(Kaplan & Citlik, 2021). 지금까지 당뇨병 환자를 대상으로 운동의 효과를 검증한 국내외 중재연구들은 저항운동, 유산소 운동, 복합 운동 등 운동 유형에 따른 혈당조절 및 신체기능 향상 효과 비교에 집중하여 효과를 검증하였다(Arazi et al., 2020; Chien, Tsai, Wang, Chuang, & Lin, 2022; Kobayashi et al., 2023; Lee, 2018). 그러나 실제 당뇨병 환자들의 운동행위 변화단계를 고려한 심리적·환경적 요인이 반영된 중재연구는 부족한 실정이다(Kaplan & Citlik, 2021; Miezah et al., 2024). 당뇨병 환자들이 장기간 운동을 유지하는 데는 어려움이 있다고 알려져 있으며 이는 당뇨병 환자의 낮은 운동준비도와 해결되지 않은 개인적 장애 요인(Che, Meng, Jiang, Ye, & Xie, 2022)과 연관이 있을 수 있다. 이를 위해서는 이론을 기반으로 환자의 다양한 특성과 변화단계를 고려한 운동중재가 필요하다.

범이론적 모델(Transtheoretical Model, TTM)에 따르면 운동행위 변화단계는 환자의 신체활동 준비도에 따라 계획 전 단계부터 유지 단계까지 역동적으로 변화하며, 각 단계에 부합하는 인지적·행동적 변화과정 중재 전략이 제공될 때 내적 동기화에 따라 행동 변화단계가 형성된다(Nigg et al., 2011). 따라서 당뇨병 환자의 신체활동 준비도와 운동행위 변화단계를 고려한 맞춤형 중재를 제공하는 것은 효과적인 건강 행동 변화를 이끌어낼 수 있는 접근 방법이다(Kim, 2002; Miezah et al., 2024; Nigg et al., 2011). 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 한 TTM 기반 걷기운동 중재연구에서는 중재군 75%가 상위 운동행위 변화단계로 진행되었으며, 중재 전략으로 인한 변화과정,

의사결정균형, 자기효능감의 점수 상승이 당화혈색소 감소와 신체 활동량 증가로 이어졌다(Kaplan & Citlik, 2021). 이는 변화과정 전략 활용과 자기효능감 증진이 운동행위 변화를 이끌어내는 중요한 요인이며, TTM 기반의 맞춤형 중재는 당뇨병 환자의 자가관리 행위 이행도를 높이고 혈당조절을 개선하는 데 유용한 전략임을 뒷받침한다(Kaplan & Citlik, 2021; Miezah et al., 2024; Nigg et al., 2011). 이러한 결과는 당뇨병 환자의 운동행위 심리적 준비도와 요구도를 고려한 맞춤형 운동중재의 필요성을 시사하며, 변화단계에 적합한 전략이 제공되었을 때 더욱 효과적일 수 있음을 보여준다(Kim, 2002; Miezah et al., 2024).

이에 본 연구는 근감소 위험 당뇨병 환자를 대상으로, TTM을 기반으로 신체적, 심리적 준비도를 고려한 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 적용하고 그 효과를 검증하였다(Figure 1). 본 연구는 표준화된 근력과 유산소 운동을 시작, 유지, 지속할 수 있도록 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램으로 설계하여 임상 현장에서 활용 가능한 맞춤형 운동중재 근거를 마련하는데 의의가 있다.

2. 연구목적 및 가설

본 연구의 목적은 근감소 위험이 있는 당뇨병 환자를 대상으로 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램의 효과를 평

가하는 것이다. 구체적인 연구가설은 다음과 같다.

- 가설 1. 프로그램에 참여한 중재군은 참여하지 않은 대조군에 비해 근육지표(골격근량, 악력) 수치가 증가할 것이다.
- 가설 2. 프로그램에 참여한 중재군은 참여하지 않은 대조군에 비해 당화혈색소 수치가 감소할 것이다.
- 가설 3. 프로그램에 참여한 중재군은 참여하지 않은 대조군에 비해 건강 관련 삶의 질 점수가 높아질 것이다.

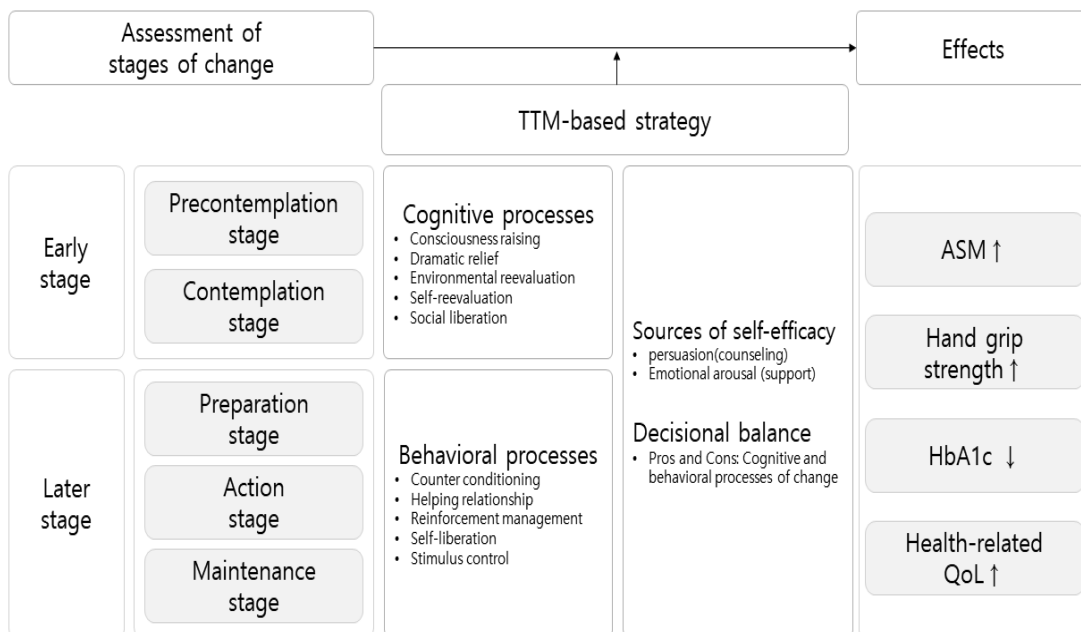
연구방법

1. 연구설계

본 연구는 근감소 위험이 있는 당뇨병 환자를 위한 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램의 효과를 평가하기 위하여 비동등성 대조군 전후 시차설계를 이용한 유사실험연구이다.

2. 연구대상

본 연구는 경기도 S시 A대학병원 내분비내과에 통원 중인 제2형 당뇨병 환자 중 아래 선정기준에 해당하는 자를 편의의 표출하였다. 구체적인 선정기준은 1) 30세 이상인 제2형 당뇨병 진단을 받고(Mori et al., 2019; Park et al., 2025), 2) 근감소증



TTM=Transtheoretical model; ASM=Appendicular skeletal muscle mass; HbA1c=Glycosylated hemoglobin; QoL=Quality of life.

Figure 1. Conceptual framework of the muscle strengthening circuit exercise program.

선별기준은 Chen 등(2020)이 보고한 Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS, 2019) 합의 보고서에 따라 SARC-F 설문(4점 이상), 종아리 둘레(남성 < 34 cm, 여성 < 33 cm), 악력(남성 < 28 kg, 여성 < 18 kg) 중 1개 이상 해당하는 자이다. 제외 기준은 신체활동 준비도 문항(Physical Activity Readiness Questionnaire, PAR-Q)에서 운동이 금지인 조절되지 않는 급성 질환이나 증상이 1개 이상 있는 자이다(Kanaley et al., 2022).

본 연구의 표본의 수는 G*Power (version 3.1.9.7) 프로그램을 이용하여 산출하였으며, 두 집단, 유의수준(α) .05, 검정력(1- β) .80, 효과크기(d) .80일 때 최소 표본 수는 44명이었다. 탈락률 30%를 고려하여 선정기준에 적합하고 서면동의한 대상자 64명을 연구대상자로 모집하였다. 이후 대상자는 연령, 성별, 유병기간을 기준으로 1:1 짝짓기법을 통해 중재군과 대조군에 각각 배정하였다. 연구진행 과정에서 일부 대상자가 탈락하여 최종 분석에 사용된 연구대상자는 총 49명(중재군 24명, 대조군 25명)으로, 탈락률은 23.4%였으며, 탈락 사유는 일정 조율의 어려움 및 개인 사정에 따른 자발적 연구참여 철회였다.

3. 연구도구

본 연구의 자료수집에 사용한 도구는 원저자로부터 사용승인을 받았다.

1) 근육지표 및 당화혈색소

근육지표에서 악력(grip strength)은 디지털 악력계(TKK 5401, Takei Scientific Instruments Co., Niigata, Japan)를 사용하여 측정하였다. 총 3회 측정 후 첫 번째 값을 제외한 최고값과 평균값을 사용하였다. 사지골격근량(Appendicular skeletal muscle mass, ASM)은 InBody 720 (Biospace, Seoul, Korea)로 측정한 양측 상지와 하지 근육량을 합한 값으로 사용하였다. 당화혈색소(HbA1c, %)는 진단검사 특수화학검사 방법으로 의무기록지를 통해 수집하였다.

2) 건강 관련 삶의 질

건강 관련 삶의 질은 EuroQol Group (www.euro-qol.org)의 승인을 받아 한국어판 European Quality of Life-5 Dimensions-5 Level (EQ-5D-5L)과 EuroQol Visual Analogue Scale (EQ-VAS)을 사용하였다. EQ-5D 도구는 The EuroQol Group (1990)에 의해 개발되어 이동성, 자기관리, 일상활동, 통증/불

편감, 불안/우울의 5개 영역을 평가하여, 조합에 따라 건강상태를 산출하였다. 산출된 점수는 0~1 사이의 값을 가지게 되며 1에 가까울수록 건강 관련 삶의 질이 높음을 의미한다. 본 연구의 신뢰도는 McDonald's Omega로 신뢰도를 분석한 결과 .69였다. 전반적 건강상태(EQ-VAS)는 시각적 아날로그 척도를 이용하여 최저의 건강 상태 0점에서 최고의 건강 상태 100점까지를 평가하는 방법으로, 점수가 높을수록 주관적으로 인지하는 전반적 건강상태가 좋음을 의미한다. 전반적 건강상태(EQ-VAS)는 국민건강영양조사에서 건강 관련 삶의 질을 측정하는 국가 표준 지표로 타당도가 확보된 도구이다(Lee & Lee, 2021).

3) TTM 관련 측정도구

운동행위 변화단계(Exercise Stages of Change Short Form)는 Marcus, Selby, Niaura와 Rossi (1992)가 개발한 계획단계, 계획단계, 준비단계, 행동단계, 유지단계로 구성된 단일 문항이며, 서열 점수가 높을수록 운동행위 변화단계 수준이 높음을 의미한다. 운동행위 변화과정(Exercise Processes of Change Scale)은 Nigg, Norman, Rossi와 Benisovich (1999)가 개발하고 Kim (2002)이 번역한 도구로 30문항, 5점 Likert 척도로, 점수가 높을수록 운동행위 변화과정 사용 빈도가 높음을 의미한다. 운동행위 의사결정균형(Exercise Decisional Balance Scale)은 Nigg, Rossi, Norman과 Benisovich (1998)이 개발하고 Kang과 Park (2001)이 번역한 도구로 이득 및 장애 요인 각 5문항, 5점 Likert 척도로 각 요인에서 점수가 높을수록 운동에 대한 이득 및 장애 요인이 높음을 의미한다. 운동행위 자기효능감(Exercise Self-Efficacy Scale)은 Marcus 등(1992)이 개발하고 Lee와 Chang (2001)이 번역한 도구로 5문항, 5점 Likert 척도로, 점수가 높을수록 운동 자기효능감이 높음을 의미한다. 본 연구의 신뢰도는 Cronbach's α .84~.95였다. 본 연구에서 운동행위 변화단계는 연구목적에 부합하는 대상자 스크리닝 및 맞춤형 중재 제공을 위해 조사되었다. 운동행위 변화과정, 의사결정균형, 자기효능감 도구는 두 집단 간의 사전 동질성 확보와 중재에 따른 심리사회적 요인의 변화 양상을 파악하기 위해 측정되었다. 각 지표는 중재 프로그램의 이론적 타당성 확보를 위한 보조적 근거로 활용되었다.

4. TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램

TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램은 Table 1과 같다. 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램은 근감소 위험이 있는

Table 1. TTM-Based Muscle Strengthening Circuit Exercise Program

Session	Components	Strategies/Contents	Time (min/session)	Methods
Week 1	Orientation/ education	· General education and information	15~30	Education, booklet
Weeks 2~8	Home-based, muscle strengthening circuit exercise	· Warm-up: Flexibility/stretching (14 motions) · Main exercise: Circuit resistance training (150 min/week) - Upper/lower circuit exercises of 6 motions (8~10 reps, 2~3 sets/session) · Cool-down: Flexibility/stretching (14 motions)	10 30 10	Demonstration and practice, video clips for each motions
	Coaching/ education	1) Early stages (Precontemplation/Contemplation): · Cognitive POC (CR, DR, ER, SR, SL) - Awareness of need for change - Motivation and confidence building · DB - Increase perceived benefits - Reduce perceived barriers - Barrier management strategies · SE - Self-efficacy enhancement 2) Later stages (Preparation/ Action/Maintenance): · Behavioral POC (CC, HR, RM, SeL, SC) - Action planning and adherence - Self-monitoring - Self-reward - Behavioral substitution - Social support - Stimulus control · DB - Reinforcement of benefits · SE - Self-efficacy enhancement - Temptation management - Adherence maintenance	30 20	Booklet, video clips, SNS/phone call coaching, weekly log Booklet, video clips, SNS/phone call coaching, weekly log
Weeks 2~8	Adherence monitoring	· POC, DB, SE - Weekly exercise log monitoring	5~10	Monitoring, log, SNS

CC=Counter conditioning; CR=Consciousness raising; DB=Decisional balance; DR=Dramatic relief; ER=Environmental reevaluation; HR=Helping relationship; POC=Processes of change; Repr=repetitions; RM=Reinforcement management; SC=Stimulus control; SE=Self-efficacy; SeL=Self-liberation; SL=Social liberation; SNS=Social network service; SR=Self-reevaluation; TTM=Transtheoretical model.

제2형 당뇨병 환자의 운동에 대한 안정성과 효과를 확보하기 위해 미국스포츠의학회(ACSM)의 근력강화 운동 지침에 근거하여 8주간 주 2~3회, 1회당 50분으로 설계되었다(Kanaley et al., 2022). 총 50분의 운동 시간은 준비운동 10분(국민체조 및 유연성운동), 본 운동 30분(근력강화 순환운동), 마무리 운동 10분(국민체조 및 유연성운동)으로 구성되었다. 준비운동은 국민체조와 본인만의 스트레칭을 포함하였다. 본 운동에서는 근력운동 6가지를 2~3세트 반복하도록 구성하였다. 운동 강도는 Borg의 주관적 운동 자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE) 척도를 활용하여 중등도 강도(RPE 11-13)로 설정하였다(Borg, 1982). 이는 약간 숨이 차지만 옆 사람과 대화가 가능한

수준에 해당한다.

근력강화 순환(서킷)운동 동작은 미국스포츠의학회(ACSM)의 운동지침을 따르고(Kanaley et al., 2022), 대한당뇨병학회와 대한골대사학회 근력운동 및 대한수영연맹 체조 영상 등의 교육자료를 기반으로 하여 6가지 상체·하체 근력운동으로 구성되었다. 매주 대상자에게 제공되는 교육자료는 대상자가 쉽게 이해할 수 있도록 임상 및 연구 경험을 갖추고, 대한근관절 건강학회 주관의 근력강화운동 교육과정을 통해 운동 지도를 받은 연구자와 연구 보조 인력이 참여한 5분 동작 동영상 형태로 제작하였다. 교육자료는 온라인 메신저 서비스를 통해 제공되었고, 대상자로 하여금 가정에서 자가학습 및 실천에 활용하

도록 하였다(Miezah et al., 2024). 또한 구성된 운동의 저작권 문제를 고려하여 연구자가 공식 교육자료를 제공하는 기관의 웹사이트 및 원본 영상 링크를 대상자에게 안내하였다.

TTM의 운동행위 변화단계(계획전단계, 계획단계, 준비단계, 행동단계, 유지단계)에 따른 대상자 요구도에 맞게 인지·행동적인 맞춤형 중재전략을 구성하고, 당뇨병 환자의 연령대와 성별, 신체적 특성 및 통증을 사정하여 중재를 조정하였다. 운동행위 증진전략은 TTM의 의사결정균형에서 장애 요인을 감소시키고 이득 요인을 증가시키는 것을 목표로 하였다. 자기 효능감은 단계적 성취경험과 전화코칭을 통한 언어적 설득을 포함하여 증가시키는 것으로 구성하였다(Marcus et al., 1992; Nigg et al., 2011). 1~4주차에는 대상자의 운동행위 변화단계에 따라 초기단계는 인지적 변화과정에, 후기단계는 행동적 변화과정 전략에 초점을 두고 연구자가 제공한 근력강화 순환(서킷) 운동 동작을 포함한 중재를 가정에서 자가 수행하도록 하였다. 먼저 초기단계인 계획 전 및 계획단계의 대상자에게 변화에 대한 인식을 높이고 동기를 유발하기 위해서 인지적 변화과정 전략을 다음과 같이 제공하였다. 전화상담 시 대한당뇨병학회에서 제공되는 당뇨병 관리 지침 및 운동의 효과 중심의 교육 자료를 제공하여, 자신의 건강상태와 운동의 필요성에 대한 인식을 고취하였다. 당화혈색소 상승에 따른 부정적 감정을 말로 표현하고, 합병증 발생 위험성을 말하도록 하여 운동 실천을 통한 예방 가능성을 제시함으로써, 인지적 변화를 이끌어 내었다. 자신의 운동실천이 주변 사람에게 미치는 긍정적·부정적인 영향력을 표현하도록 격려하고 자신의 건강행위에 대한 책임감을 갖도록 격려했다. 운동을 실천하는 긍정적인 자기 모습과 운동을 실천하지 못했을 때의 자기 모습을 표현하게 하여 현재보다 나아지기 원하는 대상자의 의지를 갖도록 하였다. 대한당뇨병학회의 홍보 영상 및 보도자료를 활용하여 당뇨 자가 관리에 대한 사회적 관심이 있다는 점을 제공하여 행동 변화 동기를 부여하였다.

다음으로 후기단계인 준비, 행동, 유지단계 대상자에게는 운동실천을 촉진하고 유지하기 위해 행동적 변화과정 전략을 다음과 같이 제공하였다. 운동실천에 대한 책임감을 가질 수 있도록 주 2~3회 근력강화 순환(서킷)운동 실천과 일상 속에서 틈틈이 운동실천 계획을 세우도록 하였다. 연구자가 상담을 통해 운동 실천 과정에서 겪는 어려움을 경청하고, 정서적 지지와 자가관리 정보를 제공함으로써 동기를 강화하였다. 주 2~3회 운동 목표 달성 시 칭찬과 격려를 하고, 사전 동의를 얻은 성공 사례 공유 및 운동격려 메시지 전송을 통해 운동실천을 지지하였다. 운동 실천의 장애 요인을 파악하여 상담을 진행하였으

며, 주변 환경 가까운 곳에 운동복, 운동화를 준비하게 함으로써 운동 장애 요인을 해결할 수 있도록 도왔다. 운동하기 싫었던 상황을 파악하여 그 시간에 가벼운 운동으로 대체해 보도록 안내하고 스스로 대안 행동을 찾을 수 있도록 필요한 정보를 제공하였다.

5~8주차는 전 단계의 대상자에게 인지적·행동적 변화과정 전략과 공통된 근력강화 순환(서킷)운동 동작을 포함한 중재를 가정에서 자가 수행하도록 구성하였다. 근력운동 지도 교육을 이수한 연구자는 대상자의 변화단계와 신체 상태 및 기능 수준을 고려하여 초기단계(계획 전 및 계획단계)는 30분, 후기단계(준비, 행동, 유지단계)는 20분간 매주 1회 전화상담을 통해 운동실천을 안내하고, 상담 내용을 전화상담 일지에 기록하였다. 또한 전화상담이 어려운 경우에는 온라인 메신저 서비스를 통한 동일한 내용의 상담과 정보제공을 병행하였다. 각 회기마다 6가지 순환(서킷)운동 동작은 동영상으로 제작하여 온라인 메신저 서비스를 통해 제공함으로써 대상자가 가정에서 스스로 실천하도록 코칭하였다.

연구자는 전 기간 동안 매주 모바일 구글폼(Google Forms, Google LLC, Mountain View, USA)의 자가 운동일지를 수집하여 대상자의 신체활동 수행을 모니터링하였다. 수집된 자가 운동일지를 확인하여 대상자의 변화단계를 점검하고, 운동을 지속하도록 온라인 메신저를 통해 매주 1회 5~10분간 피드백을 진행하였다.

5. 실험처치 및 자료수집

본 연구의 자료수집은 2025년 4월부터 11월까지 아래와 같은 구체적인 절차로 진행하였다.

1) 사전 조사

연구자는 서면동의 후 대상자의 기본 정보를 확인하기 위해 일반적 특성을 포함한 주요 변수들의 사전 조사는 구조화된 설문지, 신체계측, 체성분 분석(InBody), 악력, 혈액검사 결과는 의무기록지를 통해 수행하였다.

2) 실험처치

연구자는 대한근관절건강학회 근력강화 관절관리 교육과정을 통해 스트레칭 및 근력강화 운동지도법을 습득한 후 중재 프로그램을 다음과 같이 수행하였다. 중재군에게 근감소 위험 당뇨병 환자를 위한 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 2025년 6월 9일부터 9월 1일까지 실시하였다.

- 1주차는 외래에서 서면동의 후 1회 15~30분 오리엔테이션으로 진행되었다. 운동행위 변화단계 확인은 측정도구를 통해 확인하였고, 개별 운동목표, 시간, 강도는 교육상담을 통해 대상자와 함께 설정하였다. 운동 시작에 앞서 운동 필요성 및 주의 사항을 교육하였으며, 복용 약물 중 베타 차단제(Beta-blocker) 복용 여부를 확인한 후 운동강도(RPE 11~13)는 심박수 반응을 제한하므로 시행 전·중·후 발생할 수 있는 이상증상(어지러움, 흉통, 호흡곤란, 피로, 심계항진 등)과 증상 발생 시 즉시 중단하고 안정하며, 증상이 지속될 경우 가까운 의료기관을 방문하는 등의 교육을 통해 운동 시 안전에 대비하였다(Kanaley et al., 2022).
- 2주차부터 4주차까지는 TTM 변화단계에 따른 맞춤형 운동을 구성하였다. 먼저 초기 변화단계(계획이전 및 계획단계)에 해당하는 대상자에게는 흥미와 실천을 높이기 위해 2주차에는 대한골대사학회에서 제공하는 체력이 약한 환자를 위한 근력운동 동작을 제공하였다. 3주차에 스스로 관절관리 근력운동 동작, 4주차에 당뇨병의 정석에서 제공된 근력이 약해도 쉽게 따라할 수 있는 근력운동 동작을 구성하여 대상자에게 제공되었다. 둘째, 행동변화단계(준비, 행동, 유지단계)에 해당하는 대상자에게는 운동 지속성 확보를 목표로 2주차에 당뇨병의 정석에서 제공된 혈당조절을 위한 운동 동작, 3주차에 스스로 관절관리 근력강화 운동 동작, 4주차에 혈당과 체지방 관리를 위한 운동 동작을 중심으로 중재를 제공하였다.
- 5주차부터 8주차까지는 운동 확장과 흥미 유지를 위한 프로그램이 제공되었다. 5주차에는 환경변화를 위한 실내에서 쉽게 따라할 수 있는 운동동작, 6주차에는 아령을 활용한 근력운동 동작, 7주차에는 스스로 관절관리 근력강화 운동 동작을 반복 및 심화하여 제공하였다. 마지막 8주차에는 음악에 맞춘 째라 트로트 노래 운동을 제공하여 즐거움을 통한 운동 지속성을 유지하도록 하였다.

3) 사후 조사

사후 조사는 8주간의 프로그램 종료 직후 실시하였다. 설문지는 우편으로 발송하여 회수하였으며, 신체계측, 체성분 분석, 악력, 혈액검사 결과는 의무기록지를 통해 차기 외래진료 일정에 맞추어 실시하였다.

4) 대조군 관리

동일한 장소에서 자료수집이 진행되므로 프로그램에 대한 실험확산 위험을 예방하기 위해 시차설계를 이용하여 대조군

먼저 사전 조사 후 8주간 평상시 일상생활을 그대로 지속하였다. 8주 직후 사후 조사를 수행한 후 당뇨관리 교육 자료를 제공하였다.

6. 자료분석

본 연구에서 수집된 자료는 IBM SPSS/WIN 29.0 프로그램을 사용하여 각 변수의 왜도와 첨도를 확인하여 정규성 검증 후 연구목적에 따라 다음과 같이 분석하였다.

- 일반적 특성 및 주요 변수의 기술통계는 실수, 백분율, 평균 및 표준편차로 분석하였다.
- 중재군과 대조군의 사전 동질성 검증은 측정수준에 따라 Chi-squared test, Fisher's exact test, independent t-test를 이용하여 분석하였다.
- 가설검증은 각 결과 변수의 사전, 사후 변화량의 차이를 independent t-test를 이용하여 분석하였다.
- 도구의 신뢰도는 Cronbach's α 로 분석하였다.

7. 윤리적 고려

본 연구는 연구자가 소속된 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인(IRB No. AJOURB-IV-2025-174)을 받은 후 수행되었다. 대상자 선정기준에 적합한 대상자를 대상으로 외래진료를 위해 대기 중인 대상자에게 연구의 목적, 내용, 절차, 개인정보보호 방안, 그리고 언제든지 연구참여를 중단할 수 있는 권리 등을 충분히 설명한 후 자발적인 서면동의를 받았다. 연구 과정에서 수집된 모든 자료는 연구자만 접근 가능하도록 제한하고 안전하게 관리하였다.

연구결과

1. 대상자의 일반적 특성 및 연구변수의 사전 동질성 검증

전체 대상자(N=49)의 평균연령은 57.4세이며 67.3%가 남성이었다. 당화혈색소의 평균은 $6.88 \pm 0.76\%$ 였고, 평균 당뇨병 유병기간은 11.53 ± 5.53 년이었다. 중재군(n=24)과 대조군(n=25)의 일반적 특성, 질병 관련 특성 및 TTM 관련 변수는 프로그램 제공 전 모두 유의한 차이가 보이지 않아 두 군은 동질하였다(Table 2). 군 간의 결과변수인 근육지표(사지골격근량, 악력), 혈당지표(당화혈색소)와 건강 관련 삶의 질에 유의한 차이가 없어 두 군은 동질하였다(Table 3).

Table 2. Homogeneity of General Characteristics Between Two Groups

(N=49)

Characteristics	Categories	Total	Exp. (n=24)	Cont. (n=25)	χ^2 or t	p
		n (%) or M±SD	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD		
Gender	Male	33 (67.3)	16 (66.7)	17 (68.0)	0.01	.921
	Female	16 (32.7)	8 (33.3)	8 (32.0)		
Age (year) range: 30~79	30~49	11 (22.5)	6 (25.0)	5 (20.0)	0.67	.880 [†]
	50~59	15 (30.6)	7 (29.2)	8 (32.0)		
	60~69	20 (40.8)	9 (37.5)	11 (44.0)		
	70~79	3 (6.1)	2 (8.3)	1 (4.0)		
Education level	≤ High school	19 (38.8)	9 (37.5)	10 (40.0)	0.03	.858
	≥ College	30 (61.2)	15 (62.5)	15 (60.0)		
Employment status	Employed	36 (73.5)	16 (66.7)	20 (80.0)	1.12	.291
	Unemployed	13 (26.5)	8 (33.3)	5 (20.0)		
Economic status	Poor	7 (14.3)	6 (25.0)	1 (4.0)	4.75	.076 [†]
	Fair	30 (61.2)	12 (50.0)	18 (72.0)		
	Good	12 (24.5)	6 (25.0)	6 (24.0)		
Marital status	Married	42 (85.7)	19 (79.2)	23 (92.0)	1.65	.247 [†]
	Unmarried	7 (14.3)	5 (20.8)	2 (8.0)		
Living together	≤ 3 person	30 (61.2)	17 (70.8)	13 (52.0)	1.83	.176
	≥ 4 person	19 (38.8)	7 (29.2)	12 (48.0)		
Religion	No religion	23 (46.9)	11 (45.8)	12 (48.0)	0.02	.879
	Having religion	26 (53.1)	13 (54.2)	13 (52.0)		
Alcohol intake	Yes	18 (36.7)	10 (41.7)	8 (32.0)	0.49	.483
	No	31 (63.3)	14 (58.3)	17 (68.0)		
Smoking status	Yes	9 (18.4)	6 (25.0)	3 (12.0)	1.38	.289 [†]
	No	40 (81.6)	18 (75.0)	22 (88.0)		
Sleeping hours (hour)		5.98±1.05	6.08±1.18	5.88±0.93	-0.67	.504
Duration of illness (year)		11.53±5.53	12.79±6.51	10.32±4.18	-1.59	.119
Diabetes-related complications	Retinopathy	10 (30.3)	5 (27.8)	5 (33.3)		
	Nephropathy	21 (63.6)	12 (66.7)	9 (60.0)		
	Neuropathy	12 (36.4)	7 (38.9)	5 (33.3)		
	Cardiovascular Dz.	7 (21.2)	5 (27.8)	2 (13.3)		
	Cerebrovascular Dz.	1 (3.0)	0 (0.0)	1 (6.7)		
	Diabetic foot	1 (3.0)	0 (0.0)	1 (6.7)		
Diabetes management	Alternative medicine	1 (2.0)	1 (4.2)	0 (0.0)		
	Diet therapy	20 (40.8)	10 (41.7)	10 (40.0)		
	Medication	48 (98.0)	23 (95.8)	25 (100.0)		
	Exercise therapy	30 (61.2)	14 (58.3)	16 (64.0)		
Diabetes education program	Yes	9 (18.4)	5 (20.8)	4 (16.0)	0.19	.725 [†]
	No	40 (81.6)	19 (79.2)	21 (84.0)		
Stages of change	PC/C	11 (22.4)	6 (25.0)	5 (20.0)	0.18	.675
	P/A/Mt	38 (77.6)	18 (75.0)	20 (80.0)		
Process of change		99.49±16.12	101.33±16.41	97.72±15.97	-0.78	.439
Decisional balance	Pros	20.37±2.64	20.58±2.75	20.16±2.58	-0.56	.581
	Cons	12.57±2.59	12.33±2.51	12.80±2.69		
Self-efficacy		15.98±4.06	16.58±3.76	15.40±4.32	-1.02	.313

A=Action; C=Contemplation; Cont.=Control group; Dz=disease; Exp.=Experimental group; M=Mean; Mt=Maintenance; P=Preparation; PC=Precontemplation; SD=Standard deviation; [†] Fisher's exact test; [‡] Fisher-Freeman-Halton exact test.

2. 근감소 위험 당뇨병 환자를 위한 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램의 효과검증

근감소 위험 당뇨병 환자를 위한 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램 제공 후 두 군 간의 효과는 각 결과 변수의 사전·사후 변화량의 차이를 비교하여 검증하였다(Table 4).

프로그램에 참여한 중재군은 참여하지 않은 대조군보다 중재 후 당화혈색소(%)가 통계적으로 유의하게 개선되었고(-0.20% vs. 0.17%; $t=3.37, p=.002$), 건강 관련 삶의 질의 전반적 건강 상태 점수(EQ-VAS) 또한 중재군에서 통계적으로 유의하게 증가하였다(9.46점 vs. -1.20점; $t=-4.74, p<.001$). 한편, 사지 골격근량(-0.16 kg vs. 0.00 kg; $t=0.89, p=.380$)과 악력(0.58

Table 3. Homogeneity of Outcome Variables between Two Group (N=49)

Variables	Categories	Total	Exp. (n=24)	Cont. (n=25)	t	p
		M±SD	M±SD	M±SD		
Muscle index	ASM (kg)	21.13±5.01	21.18±5.45	21.08±4.66	0.07	.942
	Hand grip strength (kg)					
	Peak right hand grip strength (kg)	34.02±9.19	34.02±9.86	34.02±8.70	0.00	.999
	Peak left hand grip strength (kg)	31.43±8.10	31.64±9.24	31.32±7.03	-0.17	.863
	Mean right hand grip strength (kg)	32.84±9.46	33.43±9.97	32.28±9.12	-0.42	.678
	Mean left hand grip strength (kg)	30.82±8.51	30.85±9.70	30.80±7.40	-0.02	.984
HbA1c (%)		6.88±0.76	6.78±0.78	6.98±0.74	0.91	.370
Health-related QoL	EQ-5D-5L index	0.80±0.20	0.77±0.23	0.83±0.15	1.01	.319
	EQ VAS	70.61±14.42	69.17±13.81	72.00±15.14	0.68	.498

ASM=Appendicular skeletal muscle mass; Cont.=Control group; EQ-5D-5L=EuroQol five-dimensional five-level instrument; EQ VAS=EuroQol visual analogue scale; Exp.=Experimental group; HbA1c=Glycosylated hemoglobin; M=Mean; SD=Standard deviation; QoL=Quality of life.

Table 4. Effects of the Muscle Strengthening Circuit Exercise Program on Muscle Index, Glycemic Control, and Quality of Life (N=49)

Variables	Group	Pretest	Posttest	Difference	t	p
		M±SD	M±SD	M±SD		
Muscle index						
ASM (kg)	Exp. (n=24)	21.18±5.45	21.02±5.32	-0.16±0.61	0.89	.380
	Cont. (n=25)	21.08±4.66	21.08±4.76	0.00±0.68		
Peak right hand grip strength (kg)	Exp. (n=24)	34.02±9.86	34.60±10.03	0.58±2.28	-1.73	.091
	Cont. (n=25)	34.02±8.70	33.35±8.78	-0.68±2.77		
Peak left hand grip strength (kg)	Exp. (n=24)	31.64±9.24	31.83±9.71	0.19±3.06	0.68	.501
	Cont. (n=25)	31.32±7.03	32.12±9.28	0.89±4.04		
Mean right hand grip strength (kg)	Exp. (n=24)	33.43±9.97	34.47±10.19	1.04±2.60	-0.69	.491
	Cont. (n=25)	32.28±9.12	32.44±8.91	0.15±5.74		
Mean left hand grip strength (kg)	Exp. (n=24)	30.85±9.70	31.89±9.91	1.04±2.75	-0.21	.834
	Cont. (n=25)	30.80±7.40	31.64±9.21	0.84±3.72		
HbA1c (%)	Exp. (n=24)	6.78±0.78	6.58±0.72	-0.20±0.44	3.37	.002
	Cont. (n=25)	6.98±0.74	7.15±0.83	0.17±0.32		
Quality of life						
EQ-5D-5L index	Exp. (n=24)	0.77±0.23	0.85±0.15	0.08±0.17	-1.73	.091
	Cont. (n=25)	0.83±0.15	0.83±0.14	-0.00±0.14		
EQ VAS	Exp. (n=24)	69.17±13.81	78.63±10.20	9.46±7.05	-4.74	<.001
	Cont. (n=25)	72.00±15.14	70.80±14.63	-1.20±8.57		

ASM=Appendicular skeletal muscle mass; Cont.=Control group; EQ-5D-5L=EuroQol five-dimensional five-level instrument; EQ VAS=EuroQol visual analogue scale; Exp.=Experimental group; HbA1c=Glycosylated hemoglobin; M=Mean; SD=Standard deviation; QoL=Quality of life.

kg vs. -0.68 kg; $t=-1.73, p=.091$)은 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 건강 관련 삶의 질 EQ-5D-5L에서도 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이가 없었다(0.08 vs. -0.00; $t=-1.73, p=.091$).

8주간 각 주당 신체활동 수행률은 81.0%, 82.6%, 70.8%, 79.2%, 78.3%, 85.7%, 81.8%, 86.4%로, 평균 $78.0 \pm 31.0\%$ 로 나타났다.

논 의

본 연구는 근감소 위험이 있는 당뇨병 환자를 대상으로 8주간의 TTM 기반 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 적용하여 그 효과를 검증하였다. 그 결과 프로그램에 참여한 중재군에서 당화혈색소와 건강 관련 삶의 질(EQ-VAS)이 통계적으로 유의하게 개선되었다. 이는 TTM의 운동행위 변화단계, 변화과정, 자기효능감, 의사결정균형을 프로그램 설계에 반영하여 대상자의 행동 준비도와 변화 의지를 단계적으로 강화했기 때문으로 보이며, 이러한 접근이 건강결과의 개선으로 이어진 것으로 생각된다.

근력강화 순환(서킷)운동 프로그램에 참여한 중재군의 당화혈색소는 대조군보다 유의하게 감소하였다. Buch 등(2017)은 근력강화 순환(서킷)운동은 운동 동작 간 휴식을 최소화하며 운동 동작을 수행하는 방식으로 짧은 시간 내에 운동의 효과를 극대화할 수 있는 장점이 있어 근력강화운동의 부정적 인식을 개선시킬 수 있다고 하였다. 본 연구결과도 이러한 순환(서킷)운동의 이점으로 8주간의 중재 기간에 당화혈색소의 개선 효과가 있었던 것으로 생각된다. 근력강화 순환(서킷)운동을 통한 혈당조절 개선 효과를 살펴보면 제2형 당뇨병 노인여성을 대상으로 8주간 순환(서킷)운동을 적용한 Lee (2018)의 연구에서는 당화혈색소, 인슐린 저항성이 집단과 상호작용에서 유의하게 개선되어, 노인여성의 신체 조성 및 대사 지표 관리에 효과적인 운동임을 보여주었다. 또한 노인남성을 대상으로 한 Arazi 등(2020)의 연구결과에서도 10주간 순환(서킷)운동을 제공했을 때 당화혈색소가 유의하게 감소되어 본 연구와 일치하였다. 이러한 선행연구들을 종합해 볼 때, 근력강화 순환(서킷)운동은 당뇨병 환자의 혈당을 효율적으로 관리할 수 있는 효과적인 자가관리 전략임을 보여준다.

근력강화 순환(서킷)운동 프로그램에 참여한 중재군의 건강 관련 삶의 질의 전반적 건강상태 점수(EQ-VAS)가 대조군보다 유의하게 향상되었다. Hong과 Yoo (2021)는 당뇨병 환자의 삶의 질이 심리·인지적, 갈증·피로, 신경적, 성적 클러스

터의 증상으로 설명되며, 이러한 증상이 복합적으로 나타날수록 삶의 질이 저하되는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 TTM 기반 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동과 전화상담을 통해 심리·인지적 증상을 완화한 것이 전반적 건강상태점수(EQ-VAS) 향상에 기여한 것으로 생각된다. 그러나 건강 관련 삶의 질 지표인 EQ-5D-5L에서는 중재군과 대조군 간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. Venkataraman 등(2019)의 선행연구에서 평균연령 62세의 제2형 당뇨병성 말초신경병증 환자 70명을 대상으로 근력 및 균형운동을 적용한 결과, 8주 시점에서는 신체구성 요약점수와 건강 관련 삶의 질에서 유의한 차이를 보이지 않은 결과와 일치한다. 이는 8주라는 단기 중재로는 신체적 기능에서 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하여 건강 관련 삶의 질로 이어지지 못한 것으로 생각된다. Lee 등(2020)의 대규모 패널 데이터를 활용한 선행연구와 비교할 때, 본 연구의 표본 수는 49명으로 표본 규모의 차이가 효과검증에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또한 Feng, Kohlmann, Janssen 및 Buchholz (2021)는 EQ-5D-5L이 만성질환 관리가 비교적 양호하거나 경미한 환자에서 점수 분포가 상위 수준에 집중되면 천장효과(Ceiling effect)가 발생할 수 있다고 지적하였다. 이러한 도구 특성으로 중재 효과가 EQ-5D-5L에 반영되지 못했을 가능성이 있다. 따라서 향후 연구에서는 질병 특이적 증상과 심리·인지적 요인을 반영할 수 있는 도구 사용을 검토하고, 충분한 대상자 수 확보, 중재 기간, 추적조사 등을 고려하여 건강 관련 삶의 질을 측정할 필요가 있다고 생각한다.

본 연구에서 8주간의 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램에 참여한 중재군의 근육지표인 사지골격근량과 악력은 대조군과의 차이에서 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 본 연구대상자의 당뇨 평균 유병 기간이 11년 이상인 점과 관련된 것으로 보인다. 당뇨병의 유병 기간에 따라 만성적인 인슐린 저항성과 염증 상태가 근육 단백질 합성을 저해하여 근육량 및 근력 감소를 유발한다는 Mori 등(2019)의 연구결과를 비추어 볼 때 단기 중재로는 근육지표 개선에 효과를 보기 어려웠던 것으로 생각된다. Kobayashi 등(2023)의 선행연구를 살펴보면 정상체중 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 근력운동을 제공했을 때 근력과 근육의 질(Muscle Quality) 지표의 유의한 향상이 중재 시작 후 9개월 시점이었고, Chien 등(2022)의 연구에서는 근감소 위험이 있는 제2형 당뇨병 환자에게 12주간 점진적 모래주머니 저항운동을 적용했을 때 사지골격근량과 악력이 향상된 점을 고려해 볼 때, 중재 기간이 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 본 연구결과를 순환(서킷)운동 연구와 비교해 보면 대상자의 성별과 중재 기간에서 차이를 보였다. Arazi 등(2020)의

연구에서는 평균연령 60.99세의 제2형 당뇨 노인남성을 대상으로 10주간의 근력강화 순환(서킷)운동을 제공했을 때 체성분과 혈당, 인슐린 저항성, 근력, 근지구력에서 유의한 향상이 관찰되었다. 이러한 선행연구들을 종합해 볼 때, 본 연구에서 대상자의 성별(남성 67.3%, 여성 32.7%)과 근육지표의 구조적 변화를 관찰하기에 8주라는 중재 기간이 짧았다고 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 중장기 이상의 프로그램을 적용하여 근육지표의 구조적 변화가 일어나는 시점을 확인할 필요가 있다.

본 프로그램은 당뇨병 환자에게 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 적용한 Lee (2018)와 Chien 등(2022)의 선행연구를 비교할 때 운동의 종류와 강도는 유사하게 구성되었다. Kanaley 등(2022)이 제시한 미국스포츠의학회(ACSM)의 근력강화운동 지침에서는 운동 효과를 극대화하기 위해 운동의 종류, 강도, 시간, 세트 수를 대상자의 특성에 맞게 조정할 것을 권고하고 있다. 또한 Venkataraman 등(2019)에 의하면 기존 운동 중재 연구들은 주로 운동 자체 제공에 초점을 두어 심리·행동적 요인을 충분히 반영하지 못한 한계를 제시하였다. Hong과 Yoo (2021)는 당뇨병 환자의 삶의 질이 심리·인지적 증상에 영향을 크게 받는다고 하였고, Che 등(2022)은 신체활동을 향상시키기 위한 동기부여가 운동 실천과 관련된다라고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 TTM을 기반으로 운동행위 변화 단계에 따른 인지적·행동적 전략을 중재에 적용하여 기존 운동 중재의 한계를 보완하고 맞춤형으로 접근하였으며(Miezah et al., 2024; Nigg et al., 2011), 이를 위해 중재 프로그램을 근력강화 순환(서킷)운동 30분과 준비 및 마무리 운동 각 10분을 포함하여 총 50분으로 구성하였다. TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동에 대한 선행연구가 부족하여 향후 장기적인 행동 지속 효과와 운동 준수율을 검증하기 위한 후속 연구가 필요하다고 생각한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 대상자 선정 시 편의 표본추출법을 활용하였고, 성별에서 남성 비율(67.3%)이 여성보다 높아 연구결과를 당뇨병 환자 전체로 일반화하여 해석하는데 주의가 필요하다. 둘째, 8주라는 중재 기간은 운동의 장기적인 지속 효과와 근육의 구조적 변화를 평가하기에 짧았을 가능성이 있다. 또한 중년남성 대상자의 경우 사회경제적 활동으로 전화상담의 시간 조율 어려움, 운동 실천의 부담, 여름철 고온다습한 기후 등이 운동 강도 유지 및 참여율에 영향을 미쳤을 가능성을 배제하기 어렵다. 셋째, 본 프로그램은 TTM을 기반으로 설계되어 당화혈색소와 건강 관련 삶의 질(EQ-VAS) 개선에는 긍정적 효과를 확인하였으나, 중재 과정에서 활용된 운동행위 변화단계, 변화과정, 의사결정균형, 자기효능감의 변인

들이 실제 운동행위 변화로 이어지는 효과는 통계적으로 분석하지 못하였다. 넷째, 근감소증은 노화와 관련이 있는데 본 연구는 30세 이상 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 연령의 상한을 두지 않아 연령대별 차이를 고려하지 못하였다. 다섯째, 자가 실천일지를 통해 주차별 운동 수행률은 산출하였으나, 자가 보고 및 전화상담만으로는 운동 순응도를 객관적으로 평가하는데 한계가 있으므로, 결과 해석 시 이를 고려해야 한다.

본 연구는 근감소 위험 당뇨병 환자를 대상으로 TTM 기반 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 설계하고, 중재 내용을 구체적으로 제시하였다. 또한 근감소 위험 당뇨병 환자의 근력강화를 위한 교육자료와 동영상상을 개발하여 임상 실무에 적용한 점에서 의의가 있다. 본 연구에서 당화혈색소와 건강 관련 삶의 질(EQ-VAS)이 유의하게 향상되었다는 결과는, TTM 기반 맞춤형 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램이 단기 중재로도 임상 실무에서 효과적으로 활용될 수 있음을 시사한다.

결론

본 연구는 근감소 위험 당뇨병 환자를 대상으로 TTM 기반 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램을 적용하여 그 효과를 근육지표(사지골격근량, 악력), 당화혈색소, 건강 관련 삶의 질에 미치는 영향으로 평가하였다. 중재군의 당화혈색소와 건강 관련 삶의 질(EQ-VAS)이 대조군에 비해 유의하게 개선되었으나, 근감소 위험 당뇨병 환자의 근육지표인 사지골격근량과 악력, 건강 관련 삶의 질(EQ-5D-5L)에서는 군 간 차이가 없었다. 이러한 결과는 8주간의 근력강화 순환(서킷)운동 프로그램이 근감소 위험 당뇨병 환자의 일부 건강지표를 개선하는데 효과적일 수 있음을 보여준다. 따라서 향후 연구에서는 본 연구에서 설계된 프로그램을 대학병원과 및 지역사회로 확대 적용하여 충분한 표본 수를 확보하고, 무작위 대조군 연구설계를 통해 결과의 일반화 가능성을 검증할 필요가 있다. 또한 근육지표의 구조적 변화를 확인하기 위해 장기 추적을 포함한 중단연구를 수행할 것을 제안한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflicts of interest.

ORCID

Moon, Seo-Young
Kim, Chun-Ja

<https://orcid.org/0009-0006-8615-6525>
<https://orcid.org/0000-0002-7594-5418>

REFERENCES

- Anagnostis, P., Gkekakos, N. K., Achilla, C., Papanastasiou, G., Taoukidou, P., Mitsiou, M., et al. (2020). Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risk of sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Calcified Tissue International*, 107(5), 453-463. <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00742-y>
- Arazi, H., Gholizadeh, R., Sohbatzadeh, A., & Eghbali, E. (2020). The impact of circuit resistance training on serum glucose, insulin resistance and health related physical fitness in elderly men with type 2 diabetes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 12(3), 6. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.12.3.06>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Buch, A., Kis, O., Carmeli, E., Keinan-Boker, L., Berner, Y., Barer, Y., et al. (2017). Circuit resistance training is an effective means to enhance muscle strength in older and middle aged adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 37, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.04.003>
- Che, S., Meng, M., Jiang, Y., Ye, X., & Xie, C. (2022). Perceptions of exercise and exercise instruction in patients with type 2 diabetes mellitus and sarcopenia: A qualitative study. *BMC Geriatrics*, 22(1), 892. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03519-0>
- Chen, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Chou, M. Y., Iijima, K., et al. (2020). Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *Journal of the American Medical Association*, 323(3), 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
- Chien, Y. H., Tsai, C. J., Wang, D. C., Chuang, P. H., & Lin, H. T. (2022). Effects of 12-week progressive sandbag exercise training on glycemic control and muscle strength in patients with type 2 diabetes mellitus combined with possible sarcopenia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15009. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215009>
- Feng, Y. S., Kohlmann, T., Janssen, M. F., & Buchholz, I. (2021). Psychometric properties of the EQ-5D-5L: A systematic review of the literature. *Quality of Life Research*, 30(3), 647-673. <https://doi.org/10.1007/s11136-020-02688-y>
- Hong, S. Y., & Yoo, Y. S. (2021). Symptom clusters and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus. *Korean Journal of Adult Nursing*, 33(5), 498-508. <https://doi.org/10.7475/kjan.2021.33.5.498>
- International Diabetes Federation. (2025). IDF diabetes atlas (11th ed.). Retrieved September 18, 2025, from https://diabetesatlas.org/media/uploads/sites/3/2025/04/IDF_Atlas_11th_Edition_2025.pdf
- Jansson, A. K., Chan, L. X., Lubans, D. R., Duncan, M. J., & Plotnikoff, R. C. (2022). Effect of resistance training on HbA1c in adults with type 2 diabetes mellitus and the moderating effect of changes in muscular strength: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 10(2), e002595. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2021-002595>
- Kanaley, J. A., Colberg, S. R., Corcoran, M. H., Malin, S. K., Rodriguez, N. R., Crespo, C. J., et al. (2022). Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: A consensus statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(2), 353-368. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>
- Kang, S. J., & Park, J. H. (2001). The transtheoretical model of exercise behavior change: Applications to decisional balance and stages of exercise change. *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sports Science*, 3(2), 1-12.
- Kaplan Serin, E., & Citlik Saritas, S. (2021). The effect of the transtheoretical model based walking exercise training and follow-up on improving exercise behavior and metabolic control in patients with type 2 diabetes. *Clinical Nursing Research*, 30(3), 273-284. <https://doi.org/10.1177/1054773820920487>
- Kim, C. J. (2002). Development of a exercise intervention program based on stage of exercise using the transtheoretical model in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing*, 9(1), 123-132.
- Kobayashi, Y., Long, J., Dan, S., Johannsen, N. M., Talamo, R., Raghuram, S., et al. (2023). Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *Diabetologia*, 66(10), 1897-1907. <https://doi.org/10.1007/s00125-023-05958-9>
- Lee, H. B. (2018). The effects of a circuit training intervention on health management in aged women with type 2 diabetes. *Journal of Korea Entertainment Industry Association*, 12(3), 151-160. <https://doi.org/10.21184/jkeia.2018.4.12.3.151>
- Lee, P. S., & Chang, S. O. (2001). The study on the effect of stage based exercise motivational intervention program for the elderly. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 31(5), 818-834.
- Lee, S. K., & Lee, S. S. (2021). Association between physical activity and health-related quality of life: A meta-analysis of data of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 22(11), 499-513. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.11.499>
- Lee, S. N., Lee, H. S., Lee, S. W., Sim, K. W., Song, G. Y., & Byun, A.

- R. (2020). Association between physical activity and health-related quality of life in Korean patients with diabetes mellitus. *Korean Journal of Family Practice*, 10(1), 60-67. <https://doi.org/10.21215/kjfp.2020.10.1.60>
- Marcus, B. H., Selby, V. C., Niaura, R. S., & Rossi, J. S. (1992). Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(1), 60-66. <https://doi.org/10.1080/02701367.1992.10607557>
- Merz, K. E., & Thurmond, D. C. (2020). Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. *Comprehensive Physiology*, 10(3), 785-809. <https://doi.org/10.1002/cphy.c190029>
- Miezah, D., Amoadu, M., Opoku, P. N., Junior, E. M., Zutah, J., Obeng, P., et al. (2024). Transtheoretical-based model of intervention for diabetes and prediabetes: A scoping review. *Journal of Diabetes Research*, 2024(1), 2935795. <https://doi.org/10.1155/2024/2935795>
- Mori, H., Kuroda, A., Ishizu, M., Ohishi, M., Takashi, Y., Otsuka, Y., et al. (2019). Association of accumulated advanced glycation end-products with a high prevalence of sarcopenia and dynapenia in patients with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*, 10(5), 1332-1340. <https://doi.org/10.1111/jdi.13014>
- Nigg, C. R., Geller, K. S., Motl, R. W., Horwath, C. C., Wertin, K. K., & Dishman, R. K. (2011). A research agenda to examine the efficacy and relevance of the transtheoretical model for physical activity behavior. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(1), 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2010.04.004>
- Nigg, C. R., Norman, G. J., Rossi, J. S., & Benisovich, S. V. (1999). Processes of exercise behavior change: Redeveloping the scale. *Annals of Behavioral Medicine*, 21, S79-S79.
- Nigg, C. R., Rossi, J. S., Norman, G. J., & Benisovich, S. V. (1998). Structure of decisional balance for exercise adoption. *Annals of Behavioral Medicine*, 20, S211-S211.
- Park, S. E., Ko, S. H., Kim, J. Y., Kim, K., Moon, J. H., Kim, N. H., et al. (2025). Diabetes fact sheets in Korea 2024. *Diabetes & Metabolism Journal*, 49(1), 24-33. <https://doi.org/10.4093/dmj.2024.0818>
- The EuroQol Group. (1990). EuroQol—a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy*, 16(3), 199-208. [https://doi.org/10.1016/0168-8510\(90\)90421-9](https://doi.org/10.1016/0168-8510(90)90421-9)
- Venkataraman, K., Tai, B. C., Khoo, E. Y., Tavintharan, S., Chandran, K., Hwang, S. W., et al. (2019). Short-term strength and balance training does not improve quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: A randomised controlled trial. *Diabetologia*, 62(12), 2200-2210. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-04979-7>