

Interaction of Vitamin D and Calcium With High-Intensity Circuit Training on BDNF and Fat Percentage of Overweight Elderly

Maryam Dalirani¹ , Abbas Ali Gaeini² , Mohammad Reza Kordi³ 

1. Department of Sport Biosciences, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail: maryam.dalirani@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Sport Biosciences, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: agaeini@ut.ac.ir
3. Department of Sport Biosciences, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail: mrkordi@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Introduction: The present study aimed to investigate the interaction effects of vitamin D and calcium, and High-Intensity Circuit Training (HICT) on BDNF and fat percentage of overweight elderly.
Article history: Received: 19 February 2022 Received in revised form: 16 August 2022 Accepted: 18 August 2022 Published online: 25 April 2022	Methods: Thirty-two healthy older women were randomly divided into four Training + Supplementation, Training + Placebo, Supplementation, and Control groups. The training protocol performed three sessions per week for eight weeks. The Supplementation groups consumed 1,000 mg of calcium-effervescent tablet daily and 50,000 IU of vitamin D per week.
Keywords: Aging, BDNF, Calcium, Circuit Training, Vitamin D.	Results: The results showed that the body fat percentage in the Training + Supplementation group decreased significantly compared with Supplementation ($p = 0.001$), Control ($p = 0.001$), and Training + Placebo ($p = 0.045$) groups. Moreover, the fat percentage in the Training + Placebo group decreased significantly compared with the Control group ($p = 0.001$). However, there were no significant differences between the Training + Placebo and Supplementation groups in body fat percentage. Moreover, there was a significant decrease in fat percentage in the Supplementation group compared with the Control group ($p = 0.047$). BDNF in the Training + Supplementation group had a significant increase compared with the Supplementation ($p = 0.002$) and Control ($p = 0.001$) groups but had no significant difference compared with the Training + Placebo ($p = 0.085$) group. Moreover, there was a significant increase in BDNF in the Training + Placebo group compared with Control ($p = 0.003$) and Supplementation ($p = 0.01$) groups. In contrast, no significant difference was observed between Supplementation and Control ($p = 0.985$) groups.
	Conclusion: Overall, the interaction of training and supplementation showed a significant decrease in the body fat percentage and a significant increase in BDNF in overweight elderly.

Cite this article: Dalirani M., Gaeini A.A., & Kordi M.R. Interaction of Vitamin D and Calcium With High-Intensity Circuit Training on BDNF and Fat Percentage in Overweight Elderly. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 15 (1): 5-20.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2022.339399.1517>



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0.
| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

The overweight and obesity pandemic poses a global burden, with as many as 1.5 billion people, or roughly 20% of the world population, affected. A 2019 report states that by 2030, 50% of U.S. adults will have obesity. Obesity is often associated with cardiovascular disease risk factors such as hypertension, dyslipoproteinemia, diabetes, and elevated inflammation markers. Hence, while the World Health Organization reports showed that life expectancy in developed countries is nearly 80 years old, debilitation resulting from obesity can begin (and rapidly accelerate) as early as the fifth decade of life. Therefore, countermeasures to reduce obesity rates continue to be the focus of much scientific research, particularly in the elderly given their relative susceptibility to developing the disease. There is growing evidence that inadequate calcium intake, inadequate vitamin D status, obesity, and chronic non-communicable disease are often in clusters. The present study aimed to investigate the interaction of vitamin D and calcium and high-intensity circuit training on BDNF and fat percentage in overweight elderly.

Methods

In this quasi-experimental study, 32 healthy elderly women of 60 years and older with a BMI between 25 and 29.9 were randomly assigned to four groups: vitamin D and calcium supplementation + high-intensity circuit training group (D+Ca+T: n = 8), high-intensity circuit training + placebo (T+P: n = 8), vitamin D and calcium supplementation (D+Ca: n = 8), and the control group (CON: n = 8). The subjects in D+Ca received vitamin D and Ca supplements at 50,000 IU/wk and 1000 mg/d for eight weeks, respectively; the subjects in training groups exercised three times per week for eight weeks, and the subjects in D+Ca+T participated in both treatments. Subjects in CON were asked to maintain a normal daily lifestyle for the duration of the study. Body fat and BDNF were evaluated at baseline and after the eight weeks of interventions. Fasting blood samples were collected 48 hours before and after the last training session and changes in BDNF values were measured via ELISA method. To determine the percentage of body fat, the skin fold method was used with the caliper. Analysis of covariance and paired t-test at the significant level ($P \leq 0.05$) were used to analyze the data of this study.

Results

The results showed that the body fat percentage in the Training + Supplementation group decreased significantly compared with Supplementation ($p = 0.001$), Control ($p = 0.001$), and Training + Placebo ($p = 0.045$) groups. Moreover, the fat percentage in the Training + Placebo group decreased significantly compared with the Control group ($p = 0.001$). However, there were no significant differences between the Training + Placebo and Supplementation groups in body fat percentage. Moreover, there was a significant decrease in fat percentage in the Supplementation group compared with the Control group ($p = 0.047$). BDNF in the Training + Supplementation group had a significant increase compared with the Supplementation ($p = 0.002$) and Control ($p = 0.001$) groups but had no significant difference compared with the Training + Placebo ($p = 0.085$) group. Moreover, there was a significant increase in BDNF in the Training + Placebo group compared with Control ($p = 0.003$) and Supplementation ($p = 0.01$) groups. In contrast, no significant difference was observed between Supplementation and Control ($p = 0.985$) groups.

Conclusion

Overall, the results showed that high-intensity circuit training and calcium and vitamin D supplementation both had significant effects on fat percentage variables. However, in the present study, it was shown that these changes in the high-intensity circuit training + supplementation group were more meaningful. Also, the results showed that the supplement alone did not affect BDNF. However, high-intensity circuit training + supplement and high-intensity circuit training + placebo led to a significant increase in BDNF.

Ethical Considerations

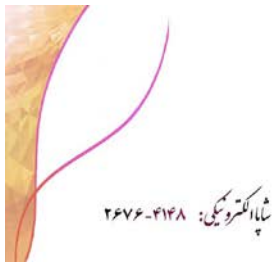
Compliance with ethical guidelines: This study followed the ethical standards and was approved by the Ethics Committee of the Sport Sciences and Research Institute with the ethical code: (SSRLREC-2109-1274 (R1)).

Funding: This study was extracted from the MSc thesis of the first author. No funding was received for this study

Authors' contribution: all authors contribute to the study design. Maryam Dalirani and Mohammad Reza Kordi collected the data. Abbas Ali Gaeini and Mohammad Reza Kordi revised the final version of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We hereby sincerely thank and appreciate all the people who have cooperated in this research.



تعامل ویتامین دی و کلسیم همراه با تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر BDNF و درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن

مریم دلیرانی^۱، عباسعلی گائینی^۲، محمدرضا کردی^۳

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: maryam.dalirani@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسؤل، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: aagaacini@ut.ac.ir
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، تهران، ایران. رایانامه: mrkordi@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی تعامل ویتامین دی و کلسیم همراه با تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر BDNF و درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن بود.

نوع مقاله: پژوهشی

روش پژوهش: ۳۲ زن سالمند سالم، تصادفی به چهار گروه ۱. تمرین و مکمل، ۲. تمرین و دارونما، ۳. مکمل و ۴. کنترل تقسیم شدند. پروتکل تمرینی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته بود. گروه مکمل، روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم قرص کلسیم جوشان و ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D را در هفته مصرف کردند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵

یافته‌ها: نتایج نشان داد درصد چربی در گروه تمرین+مکمل نسبت به مکمل ($P=0/001$) و کنترل ($P=0/001$) و تمرین+دارونما ($P=0/045$) کاهش معناداری داشته است. همچنین درصد چربی در گروه تمرین+دارونما نسبت به مکمل کنترل ($P=0/001$) کاهش معناداری داشت. با این حال، درصد چربی در گروه تمرین+دارونما نسبت به مکمل ($P=0/127$) تفاوت معناداری را نشان نداد. علاوه بر این، درصد چربی در گروه مکمل نسبت به کنترل ($P=0/047$) کاهش معناداری داشت. BDNF در گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه مکمل ($P=0/002$) و کنترل ($P=0/001$) افزایش معناداری داشت، اما نسبت به گروه تمرین+دارونما ($P=0/085$) تفاوت معناداری مشاهده نشد. همچنین BDNF در حد معناداری در گروه تمرین+دارونما نسبت به گروه مکمل ($P=0/003$) و کنترل ($P=0/001$) افزایش داشت. در مقابل، تفاوت معناداری بین گروه مکمل و کنترل ($P=0/985$) مشاهده نشد.

کلیدواژه‌ها:

تمرین دایره‌ای،
سالمندی،
کلسیم،
ویتامین D،
BDNF.

نتیجه‌گیری: در مجموع، تعامل تمرین و مکمل به کاهش معنادار درصد چربی و افزایش معنادار BDNF در سالمندان دارای اضافه وزن منجر شد.

استناد: دلیرانی، مریم؛ گائینی، عباسعلی؛ و کردی، محمدرضا. تعامل ویتامین دی و کلسیم همراه با تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر BDNF و درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۵(۱): ۲۰-۵.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2022.339399.1517>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است. | آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



مقدمه

گزارشی در سال ۲۰۱۹ بیان می‌کند که تا سال ۲۰۳۰، ۵۰ درصد بزرگسالان ایالات متحده به چاقی مبتلا خواهند شد (۱). چاقی اغلب با عوامل خطر بیماری قلبی- عروقی مانند فشار خون بالا، دیس لیپیدمی، دیابت و نشانگرهای التهابی بالا همراه است (۲). از این رو در حالی که گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت نشان می‌دهد که امید به زندگی در کشورهای توسعه‌یافته نزدیک به ۸۰ سال است، ناتوانی ناشی از چاقی می‌تواند از اوایل دهه پنجم زندگی شروع شده و به سرعت تسریع شود. بنابراین تدابیر برای کاهش میزان چاقی به‌ویژه در سالمندان با توجه به استعداد نسبی آنها برای ابتلا به این بیماری، همچنان مرکز توجه بسیاری از پژوهش‌های علمی است (۳). شواهد فزاینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهند مصرف ناکافی کلسیم، وضعیت ناکافی ویتامین D، چاقی و بیماری‌های مزمن غیر واگیردار اغلب در یک گروه وجود دارند (۳). سازوکار بالقوه کلسیم، تنظیم سوخت‌وساز بافت چربی بدن، کاهش غلظت هورمون پاراتیروئید و ۱ و ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D است که می‌تواند مانع از لیپوژنز شود و لیپولیز را تحریک کند (۴). دیگر عملکرد کلسیم، افزایش دفع چربی ذخیره است. در مقابل، مصرف ناچیز کلسیم به افزایش غلظت هورمون پاراتیروئید در خون و ۱ و ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D منجر می‌شود، از این رو افزایش کلسیم درون سلولی در بافت چربی انسان می‌تواند سوخت‌وساز آنها را از لیپولیز به لیپوژنز تغییر دهد (۵). ویتامین D جذب کلسیم موجود در خون را افزایش می‌دهد. از سویی، کمبود ویتامین D، اشتها را افزایش و انرژی هزینه‌ای را از راه تحریک نوروپپتید Y و توقف مسیر پرواپوپولانوکورتین کاهش می‌دهد (۶). سالمندان به دلیل کاهش فعالیت روزمره، کاهش ضخامت پوست، اختلالات جذب روده‌ای، اختلالات کبد و کلیوی و کاهش مصرف لبنیات بیشتر در معرض کمبود ویتامین D و کلسیم قرار دارند. شیوع کمبود ویتامین D در سالمندان جهان حدود ۵۰ درصد برآورد شده است (۷). میزان مصرف کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین‌المللی برای زنان بالای ۵۰ سال و همچنین، همه بالغان بالای ۶۰ سال به ترتیب ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلسیم در روز و حداقل ۸۰۰ و حداکثر ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D در روز است (۲۷).

در مطالعه‌ای، مکمل کلسیم در کاهش وزن بدن و چاقی، مؤثر بوده است (۸). نشان داده شده است افزایش کلسیم در کنار تمرین مقاومتی و محدودیت انرژی، هیچ مزیت اضافه‌ای در کاهش چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن قبل از یائسگی ندارد (۹). در خصوص تأثیر تمرین با مصرف مکمل ویتامین D، دادرس و همکارانش (۲۰۱۸) بیشترین کاهش مقادیر وزن و درصد چربی را در گروه تمرین + مکمل گزارش کرده‌اند (۱۰)، در حالی که سلدین^۱ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که BMI و نه درصد چربی بدن با مقادیر ویتامین D ارتباط معناداری ندارند (۱۱). نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته به‌منظور ارزیابی آثار مکمل کلسیم با یا بدون ویتامین D، بر کنترل وزن بدن و درصد چربی هنوز بحث‌برانگیز باقی مانده است، به طوری که برخی مطالعات انسانی، ارتباط منفی بین مصرف زیاد کلسیم و اختلال‌های سوخت‌وسازی وابسته به چاقی را نشان داده‌اند (۱۲). سایر مطالعات ارتباط معکوسی را بین مصرف کلسیم و وزن بدن و خطر چاق شدن نشان داده‌اند (۸). بنابراین ارتباط بین مصرف کلسیم و ویتامین D در کنار تمرین ورزشی به تحقیقات بیشتری نیاز دارد تا بتوان با اطمینان بیشتری بحث کرد.

از سویی، یکی از عوامل رشد عصبی در بین خانواده عوامل رشد عصبی، عامل نوروتروفیک مشتق از مغز^۲ است که در تفکیک نورونی^۳، شکل‌گیری مویرگ‌های جدید از مویرگ‌های قبلی^۴ در دستگاه عصبی مرکزی^۵، شکل‌پذیری سیناپسی^۶، مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی، جذب غذا و سوخت‌وساز، حافظه و یادگیری و عملکردهای رفتاری نقش دارد (۱۳، ۱۴). غلظت BDNF در مقادیر سلولی و خارج سلولی، با افزایش سن کاهش می‌یابد که با کاهش تعداد نورون‌ها و حجم هایپوکمپ مرتبط است. علاوه بر مقادیر کاهش‌یافته، گیرنده‌های آن نیز با افزایش سن در سالمندان سالم و آنهایی که بیماری آلزایمر دارند، کاهش می‌یابد (۱۵) که در نتیجه، از آثار سودمند

1. Seldeen

2. Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF)

3. Neuronal differentiation

4. Angiogenesis

5. Central Nervous System (CNS)

6. Synaptic Plasticity

BDNF به مقدار زیادی کاسته می‌شود. کاهش مقادیر BDNF یا گیرنده‌های آن می‌تواند شکل‌پذیری سیناپسی و نورون‌زایی در هایپوکمپ را کاهش دهد. تصور می‌شود شکل‌پذیری سیناپسی و نورون‌زایی فرآیندهای نورونی هستند که زمینه یادگیری و حافظه وابسته به هایپوکمپ را شکل می‌دهند (۱۶). فعالیت ورزشی در دستگاه عصبی مرکزی و محیطی BDNF mRNA را افزایش می‌دهد. از آنجایی که تمرین‌های متناوب با شدت بالا موجب تولید عامل نوروتروفیک مشتق از مغز بیشتری می‌شوند، توصیه شده است از این تمرینات به‌عنوان روشی مفید برای توسعه عملکرد مغز و افزایش بیان BDNF استفاده شود (۱۷). تمرین تناوبی با شدت بالا از سه راه بر تولید BDNF در مغز تأثیر می‌گذارد: ۱. فعالیت میتوکندری و غلظت ROS در نورون را افزایش می‌دهد که ROS باعث رونویسی Creb-Bdnf می‌شود؛ ۲. غلظت یون کلسیم در نورون و به‌دنبال آن فعالیت CaMKII را افزایش می‌دهد و موجب سیگنالینگ APK/ERK/MSK برای فعال کردن رونویسی Creb-Bdnf می‌شود. از سویی، کلسیم داخل سلولی می‌تواند تولید ROS در نورون‌ها را افزایش دهد؛ ۳. غلظت لاکتات خون را افزایش می‌دهد که موجب تقویت فعالیت گیرنده NMDA برای افزایش غلظت یون کلسیم داخل سلولی در نورون می‌شود (۱۸). از سویی، نشان داده شده است ۱۶ هفته تمرین تناوبی خیلی شدید تأثیری بر BDNF سرمی مردان نداشته است (۱۹).

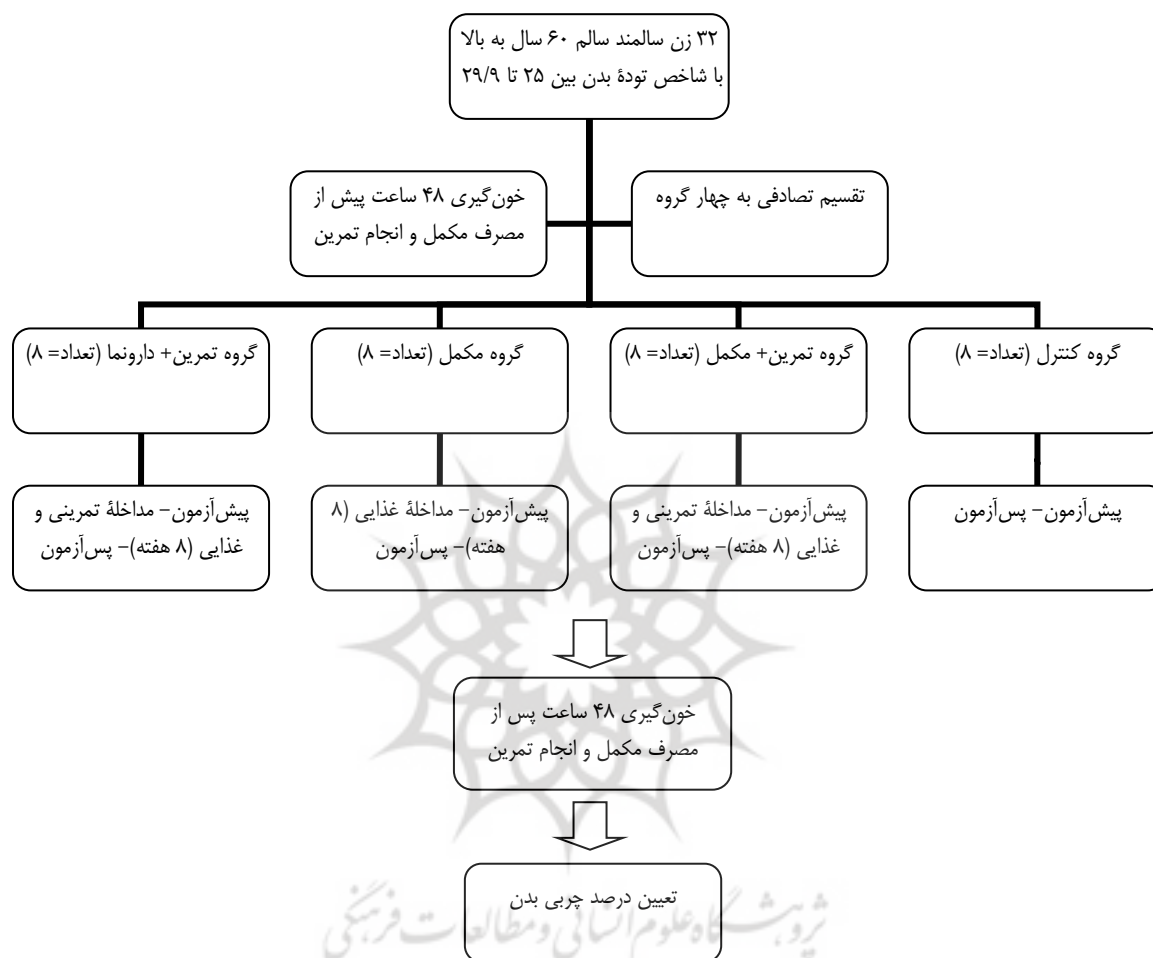
علاوه بر آثار یادشده، BDNF نقش انکارناپذیری نیز در سوخت‌وساز انرژی دارد (۲۰). در تحقیقی نشان داده شده است تمرین هوازی و مکمل ویتامین D مقادیر BDNF را در حد شایان توجهی نسبت به گروه تمرین یا ویتامین به‌تنهایی در بیماران ام‌اس بهبود می‌بخشد (۲۱). از سویی، نشان داده شده است تمرین اینتروال به مدت شش هفته به‌همراه ویتامین D تغییرات معناداری در مقادیر BDNF نداشته است (۲۲).

امروزه چاقی، از جمله چالش‌های علمی به‌حساب می‌آید. از سویی، فعالیت ورزشی از جمله روش‌هایی است که به کاهش درصد چربی و وزن بدن منجر می‌شود. تمرین دایره‌ای با شدت بالا روشی سریع و مؤثر برای کاهش وزن یا چربی اضافی بدن است که با استفاده از وزن بدن و بدون نیاز به امکانات قابل اجراست و نسبت به سایر اشکال تمرین ورزشی از سهولت بیشتری برای اجرا برخوردار است. همچنین به‌ویژه برای افراد سالمند به‌دلیل کمبود وقت و نبود تجهیزات جایگزین خوبی است (۲۳). بنابراین، با توجه به جمعیت مورد بررسی که سالمندان دارای اضافه وزن هستند، این شکل از پروتکل تمرین از اهمیت بیشتری برای استفاده برخوردار است. از سویی، بر اساس اطلاعات، برخی تحقیقات تنها به بررسی آثار مکمل کلسیم (۸، ۲۴) و یا ویتامین D (۱۱، ۲۵، ۳۳) بر کاهش وزن پرداخته‌اند. تعداد بسیار کمی آثار همزمان کلسیم و ویتامین D را مطالعه کرده‌اند (۳، ۳۴، ۳۵). با این حال، نتایج متناقضی در برخی مطالعات گزارش شده است. از سوی دیگر، تحقیقات کمی آثار همزمان مکمل‌های کلسیم و ویتامین D و تمرین (۳۵) را در دستیابی به کاهش وزن بهینه بررسی کرده‌اند. همچنین با توجه به نقش BDNF در سوخت‌وساز انرژی (۲۰) و تأثیر ویتامین D بر مقادیر BDNF (۳۶-۳۹)، انجام پژوهشی با ترکیب فعالیت ورزشی و مکمل‌های غذایی کلسیم و ویتامین D که در پژوهشی مشاهده نشده است، به‌نظر می‌رسد بتواند تأثیر بارزی بر درصد چربی و BDNF سالمندان دارای اضافه وزن داشته باشد. از این‌رو هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر تعامل کلسیم و ویتامین دی در کنار تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر BDNF و درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن است.

روش‌شناسی پژوهش

طرح پژوهش

طرح کلی پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. شماتیک کلی طرح پژوهش

آزمودنی‌ها

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G-POWER برای آزمون آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری، با توان $0/9$ و اندازه اثر $0/25$ و سطح خطای آلفا برابر $0/05$ ، 32 نفر تعیین شد (40 ، 41). 32 نفر از زنان سالمند سالم 60 سال به بالا با BMI بین 25 تا $29/9$ از جامعه آماری پس از تکمیل پرسشنامه سلامتی، داوطلبانه نمونه پژوهش شدند. آزمودنی‌ها تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. در روش تصادفی ساده به هریک از آزمودنی‌ها شماره ۱ تا ۳۲ داده شد، سپس اعداد ۱-۸ در گروه تمرین و مکمل، اعداد ۹-۱۶ در گروه تمرین و دارونما، اعداد ۱۷-۲۴ در گروه مکمل و اعداد ۲۵-۳۲ در گروه کنترل قرار گرفتند. هیچ‌یک از آزمودنی‌ها از مکمل ورزشی یا داروی خاصی تا یک ماه پیش از شروع دوره پژوهش استفاده نکردند. همچنین از آنها خواسته شد هیچ‌گونه مکمل غذایی یا دارویی در دوره پژوهش مصرف نکنند. این پژوهش در کمیته اخلاق پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی به شماره SSRI.REC-2109-1274(R1) ثبت شده است. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. میانگین وزن، شاخص توده بدن، قد و سن آزمودنی‌ها در چهار گروه

متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
وزن (کیلوگرم)	تمرین و مکمل	۷۸/۱±۳۷/۵۹	۷۳/۲±۲۵/۶۵
	تمرین و دارونما	۷۷/۲±۲۵/۳۷	۷۴/۱±۲۵/۷۵
	مکمل	۷۶/۲±۸۷/۶۹	۷۵/۳±۳۷/۵۴
	کنترل	۷۸/۲±۱۲/۲۹	۷۸/۲±۰/۰۰
شاخص توده بدن (کیلوگرم / مترمربع)	تمرین و مکمل	۲۹/۱±۸۱/۰۲	۲۷/۲±۴۶/۶۵
	تمرین و دارونما	۲۴/۰±۲۷/۹۳	۲۸/۲±۸۱/۰۶
	مکمل	۲۸/۱±۱۸/۱۳	۲۷/۱±۱۲/۰۴
	کنترل	۲۷/۱±۷۲/۷۵	۲۷/۲±۷۸/۰۴
قد (سانتی‌متر)	تمرین و مکمل	۱۶۳/۲±۱۲/۲۳	-
	تمرین و دارونما	۱۶۱/۳±۰/۷۴	-
	مکمل	۱۶۵/۵±۲۵/۲۸	-
	کنترل	۱۶۸/۳±۰/۲۰	-
سن (سال)	تمرین و مکمل	۶۵/۱±۳۷/۵۹	-
	تمرین و دارونما	۶۱/۴±۰/۲۴	-
	مکمل	۶۳/۳±۶۲/۴۲	-
	کنترل	۶۰/۴±۷۵/۱۶	-

پروتکل تمرین

پروتکل تمرین دایره‌ای خیلی شدید سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته انجام گرفت. جلسات تمرینی زیر نظر متخصص فیزیولوژی ورزشی و پزشک متخصص انجام گرفت. ابتدا، آزمودنی‌ها پنج دقیقه دوی آرام و حرکات کششی فعال و آنگاه تمرین دایره‌ای خیلی شدید را شامل ۱۲ حرکت انجام دادند، سپس سرد کردن به مدت پنج دقیقه با دوی آرام و حرکات کششی غیرفعال انجام شد.

یک نوبت دایره در این پروتکل شامل ۱۲ حرکت: پروانه، نشستن پشت به دیوار، شنای سوئدی اصلاح شده، کرانچ شکمی، بالا و پایین رفتن از پله، اسکات، دیپ سه سر بازو، پلانک ایستا، زانو بلند و دوییدن در جا، لانج، پلانک معکوس و پلانک جانبی بود (۲۳). (جدول ۲). برای کنترل شدت برنامه تمرینی از مقیاس اصلاح شده درک فشار بزرگ استفاده شد. مقیاس درک فشار بزرگ، ابزاری است که جهت ارائه یک امتیاز ذهنی ادراک شده توسط فرد از شدت تمرین استفاده می‌شود که شدت تمرین را از ۰ تا ۱۰ امتیازدهی می‌کند که ۰ کمترین و ۱۰ بالاترین نمره است که تا نمره ۷ تا ۸ بیانگر تمرین خیلی شدید است. این مقیاس بعد از هریک از دوازده حرکت طی مرحله تمرین ثبت شد (۴۲).

جدول ۲. پروتکل تمرین

جلسه‌های تمرین	زمان اجرای هر حرکت (ثانیه)	زمان استراحت بین هر حرکت (ثانیه)	زمان استراحت بین هر نوبت (دقیقه)	تعداد نوبت	مدت زمان کل تمرین (دقیقه)
۱ و ۲	۳۰	۳۰	۲ تا ۳	۱	۱۱/۵
۳	۳۰	۳۰	۲ تا ۳	۲	۲۶ تا ۲۵
۴	۳۰	۲۵	۲ تا ۳	۲	۲۴ تا ۲۳
۵	۳۰	۲۵	۲ تا ۳	۳	۳۵ تا ۳۴

¹ rating of perceived exertion modified borg scale

۳۲ تا ۳۱	۳	۳ تا ۲	۲۰	۳۰	۷ و ۶
۲۹ تا ۲۸	۳	۳ تا ۲	۱۵	۳۰	۹ و ۸
۲۶/۵ تا ۲۵/۵	۳	۳ تا ۲	۱۰	۳۰	۲۴ تا ۱۰

مصرف مکمل

قرص کلسیم جوشان و دارونمای آن با پوشش‌های کاملاً مشابه و وزن یکسان دربردارنده لاکتوز و پارافین خوراکی توسط شرکت داروسازی اکسیر (بروجرد، ایران) و مکمل ویتامین D و دارونمای آن که متشکل از نشاسته ذرت و آویسل (میکروکریستالین سلولز) و کاملاً مشابه ویتامین D است، توسط شرکت داروسازی اکسیر (بروجرد، ایران) ساخته شد. گروه مکمل در طول دوره پژوهش با نظر پزشک، روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم قرص کلسیم جوشان (۴۳) را به‌هنگام شب و ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D (۳۴) را در هفته همراه با غذا به‌هنگام ظهر مصرف کردند. گروه مکمل+ تمرین همین شیوه را اجرا کرد، به‌علاوه سه جلسه تمرین دایره‌ای خیلی شدید نیز در هفته انجام دادند و گروه کنترل هیچ‌گونه مکملی دریافت نکردند و تمرین ورزشی را نیز انجام ندادند و همراه با گروه مکمل و مکمل+ تمرین ۴۸ ساعت پیش و پس از مصرف مکمل و انجام تمرین ورزشی نمونه خونی ناشتا از آنها گرفته شد. شایان ذکر است میزان مصرف روزانه کلسیم و ویتامین دی طبیعی در رژیم غذایی آزمودنی‌ها کنترل نشده است.

سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی خون

برای ارزیابی مقادیر سرمی BDNF از آزمودنی‌ها خواسته شد پس از ۱۲ ساعت ناشتایی بین ساعات ۸ تا ۹ صبح به آزمایشگاه مراجعه کنند. از هر آزمودنی مقدار ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی گرفته شد. خون گرفته‌شده از ورید، درون لوله آزمایش ریخته شد و سپس طبق دستورالعمل‌ها غلظت BDNF سرم به روش الایزا از نوع ساندویچی رقابتی با استفاده از کیت تجاری Kit ELISA (BDNF Human Persongen شرکت Boster؛ آلمان) شماره کاتالوگ SK00752-01 حساسیت: ۰/۰۶۳ نانوگرم/میلی‌لیتر، دامنه تشخیص: ۲۰-۳۲۵ نانوگرم/میلی‌لیتر سنجیده شد.

تعیین درصد چربی بدن

برای تعیین درصد چربی بدن از روش اسکین فولد به کمک کالیپر مدل هارپندن از کمپانی BATY انگلستان (British Indicators-UK) استفاده شد. بدین ترتیب که هر سنجش دو بار و با فواصل ۱۵ ثانیه‌ای در نقاط سه‌سر بازویی، فوق‌خاصه‌ای و رانی ضخامت چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها سنجیده شد و سپس با استفاده از فرمول سه‌نقطه‌ای جکسون-پولاک درصد چربی بدن آزمودنی‌ها محاسبه شد.

$$D_B = 1/0994921 - (0/0009929 \times SSF) + (0/0000023 \times SSF^2) - (0/0001392 \times X) \quad (۱) \text{ فرمول}$$

آزمودنی = X، مجموع ضخامت چربی زیرپوستی در سه نقطه = SSF

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها و از آمار استنباطی برای مقایسه گروه‌ها با هم استفاده شد. همچنین برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های درون‌گروهی از روش آماری تی وابسته در میزان معناداری ($P < 0/05$) استفاده شد. برای مقایسه چهار گروه از آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS21 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Exell 2013 استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

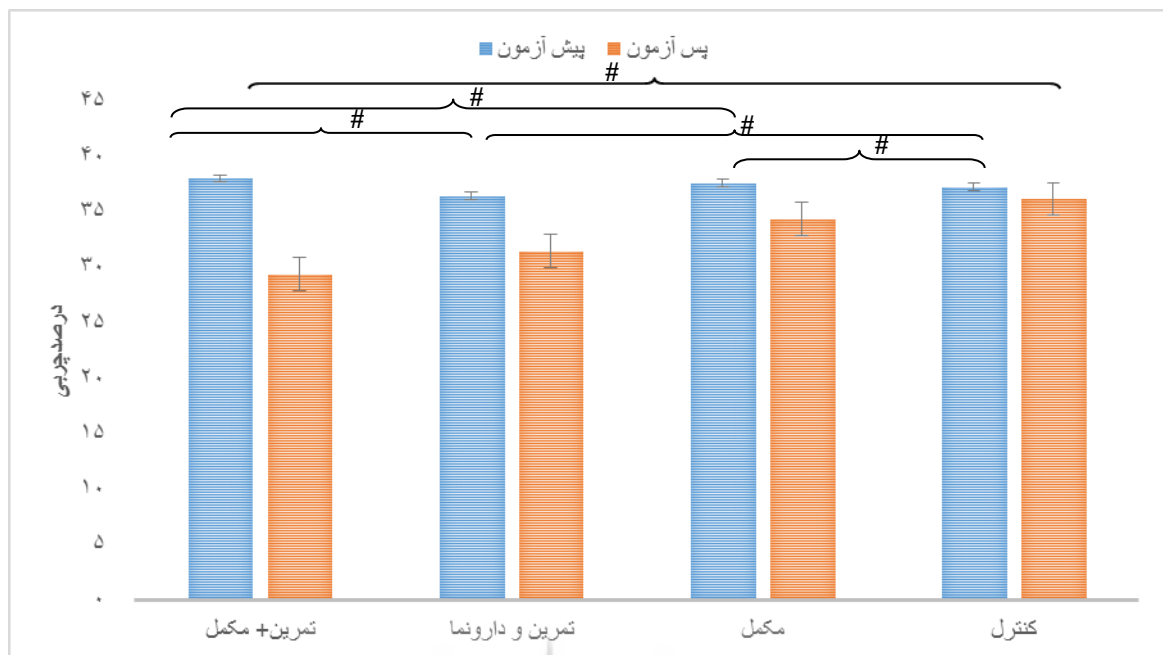
تمام آزمودنی‌ها کل فرایند پژوهش را تکمیل و مداخلات را به‌طور کامل اجرا کردند. نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد بین چهار گروه پژوهشی در پیش‌آزمون متغیر BDNF اختلاف معناداری وجود ندارد ($P=0/0681$). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد بین چهار گروه پژوهشی در پس‌آزمون متغیر BDNF اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0/001$ ، $\eta^2=0/68$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد، BDNF در گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه مکمل ($P=0/002$) و کنترل ($P=0/001$) افزایش معناداری داشت، اما نسبت به گروه تمرین+دارونما ($P=0/085$) تفاوت معناداری مشاهده نشد. همچنین BDNF در گروه تمرین+دارونما نسبت به گروه کنترل ($P=0/003$) و مکمل ($P=0/01$) افزایش معناداری داشت. با وجود این، تفاوت معناداری بین گروه مکمل و کنترل ($P=0/985$) مشاهده نشد. با توجه به نتایج، بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون BDNF گروه تمرین + مکمل ($P=0/001$) و گروه تمرین + دارونما ($P=0/02$) تفاوت معناداری وجود دارد. اما بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون BDNF گروه مکمل ($P=0/786$) و کنترل ($P=0/098$) تفاوت معناداری وجود ندارد (شکل ۲).

نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد بین چهار گروه پژوهشی در پیش‌آزمون متغیر درصد چربی اختلاف معناداری وجود ندارد ($P=0/085$). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد بین چهار گروه پژوهشی در پس‌آزمون متغیر درصد چربی اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0/001$ ، $\eta^2=0/74$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد، درصد چربی در گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه مکمل ($P=0/001$) و کنترل ($P=0/001$) و تمرین+دارونما ($P=0/045$) کاهش معناداری داشته است. همچنین درصد چربی در گروه تمرین+دارونما نسبت به گروه کنترل ($P=0/001$) کاهش معناداری داشت. با وجود این، درصد چربی در گروه تمرین + دارونما نسبت به گروه مکمل ($P=0/127$) تفاوت معناداری را نشان نداد. به علاوه، درصد چربی در گروه مکمل نسبت به گروه کنترل ($P=0/047$) نیز کاهش معناداری داشت. با توجه به نتایج، بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون درصد چربی گروه تمرین + مکمل ($P=0/001$) و گروه تمرین + دارونما ($P=0/001$) تفاوت معناداری وجود دارد. اما بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون درصد چربی گروه مکمل ($P=0/089$) و کنترل ($P=0/147$) تفاوت معناداری وجود ندارد (شکل ۳).



شکل ۲. تأثیر تعامل ویتامین دی و کلسیم همراه با تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر تغییرات BDNF سالمندان دارای اضافه وزن.

نشان‌دهنده اختلاف معنادار بین گروهی ($P \leq 0/05$)



شکل ۳. تأثیر تعامل ویتامین دی و کلسیم همراه با تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر تغییرات درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن
نشان‌دهنده اختلاف معنادار بین گروهی ($P \leq 0.05$)

بحث

پژوهش حاضر تأثیر تعامل کلسیم و ویتامین دی در کنار تمرین دایره‌ای خیلی شدید بر BDNF و درصد چربی سالمندان دارای اضافه وزن را بررسی کرد. اگرچه نتایج نشان داد تمرین دایره‌ای خیلی شدید و مکمل کلسیم و ویتامین D هر دو آثار معناداری بر درصد چربی دارد، با وجود این، گروه تمرین دایره‌ای خیلی شدید + مکمل تأثیر بیشتر و معناداری در کاهش درصد چربی داشت. همچنین نتایج نشان داد مکمل به‌تنهایی تأثیری بر BDNF ندارد. با وجود این، تمرین دایره‌ای خیلی شدید + مکمل و تمرین دایره‌ای خیلی شدید + دارونما به افزایش معنادار BDNF منجر شدند.

در دهه گذشته، مکمل‌های غذایی ویتامین D و کلسیم به‌طور گسترده با توجه به آثار آنها بر ترکیب بدن در آزمایش‌های حیوانی و مطالعات انسانی بررسی شده است (۴۴). سوبیح^۱ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند ۳ ماه مصرف ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین دی در هفته به همراه ۱۲۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر کلسیم روزانه در زنان چاق ۱۸ تا ۴۸ ساله سبب کاهش معنادار وزن، BMI، دور کمر و درصد چربی بدن و میزان PTH در مقایسه با گروه‌های کنترل و کلسیم شد (۳۴). داس^۲ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند ۱۲ هفته مصرف مکمل کلسیم در موش‌های نر ویستار چاق با کمبود کلسیم، در حد معناداری وزن بدن و چاقی و هایپرتروفی سلول‌های چربی را کاهش داد (۸). دروری^۳ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند رژیم غذایی پرچرب با عصاره قارچ غنی‌شده با ویتامین D موجب کاهش تجمع کل چربی بدن و محتوای چربی کبد در موش‌های چاق نر C57BL/6 شد (۲۵). لطفی دیزجی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند ۱۲ هفته مکمل ویتامین D (۵۰۰۰ IU در هفته) در ترکیب با رژیم کاهش وزن در افراد چاق مبتلا به کمبود ویتامین D موجب کاهش معناداری در وزن، توده چربی، و غلظت سرمی PTH شد (۲۶). شریفان و همکاران (۲۰۲۱) ارتباط بین محصولات لبنی غنی‌شده حاوی ویتامین D (1500 IU) و شاخص‌های آنتروپومتریک را در بزرگسالان (۳۰ تا ۵۰ سال) با چاقی شکمی مشاهده کردند (۲۷). نامنی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند ویتامین D مصرف غذا و وزن بدن را در موش‌های چاق ناشی از رژیم غذایی پرچرب تعدیل کرد (۲۸). بنتی^۴ و همکاران (۲۰۱۸) کاهش چشمگیری از فعال شدن مسیر لیپوژنیک SCAP/SREBP و کاهش وزن بدن را در موش‌های تحت درمان با

1. Subih

2. Das

3. Drori

4. Benetti

ویتامین D نشان دادند (۲۹). علاوه بر این، آثار ترکیبی تمرین، رژیم غذایی و مکمل‌های غذایی بر تغییرات ترکیب بدن در افراد مسن دارای اضافه وزن کمتر بررسی شده است. واگنر و همکاران، آثار ۱۲ هفته مداخله غذایی (محدودیت ۵۰۰ کیلوکالری) همراه با تمرین (۳ روز در هفته) و ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل کلسیم در روز در زنان یائسه را بررسی کردند و کاهش وزن در گروه‌های تجربی بهتر از دارونما بود (۲۴). همچنین امینائی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند هشت هفته مصرف کلسیم (۱۰۰۰ میلی‌گرم در روز) و ویتامین دی (۱۰۰۰ IU در روز) به همراه تمرین TRX موجب کاهش معنادار BMI در گروه تمرین+ مکمل در مقایسه با سایر گروه‌ها شد، اما هیچ تفاوت معناداری در درصد چربی بدن در میان گروه‌ها وجود نداشت (۳۵).

از سویی، نتایج ما نشان داد ویتامین D و کلسیم به همراه تمرین دایره‌ای می‌تواند درصد چربی بدن را بهبود بخشد، اما برخی مطالعات نمی‌توانند این فواید را نشان دهند. چن^۱ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند مکمل ویتامین D هیچ تأثیر معناداری بر وزن، توده چربی یا دور کمر مردان و زنان ۳۰ تا ۶۰ ساله مبتلا به چاقی و دیابت نوع دو نداشت (۳۱). کرکسیک^۲ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که به‌نظر می‌رسد کلسیم و ویتامین D در مقادیر ارائه‌شده ۸۰۰ میلی‌گرم در روز کلسیم و ۸۰۰ میلی‌گرم در روز کلسیم به اضافه ۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D در روز تأثیر معناداری بر تغییر ترکیب بدن در زنان یائسه دارای اضافه وزن حدود ۵۱ سال سن ندارد (۳). جابور^۳ و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند ۱۲ ماه تجویز هفتگی ویتامین D با دوز بالا معادل روزانه ۳۷۵۰ IU هیچ تأثیری بر شاخص‌های چاقی احشایی مردان و زنان دارای اضافه وزن و چاق بالای ۶۵ سال ندارد (۳۰). پژوهش‌های پیشین به‌طور مداوم نشان نداده‌اند که مصرف همزمان مکمل کلسیم و ویتامین D بر کاهش وزن یا کاهش محتوای چربی تأثیر می‌گذارد. این اختلاف ممکن است تحت تأثیر سن و تنوع جمعیت، قومیت و موقعیت جغرافیایی و همچنین میزان چاقی و مقادیر اعمال‌شده باشد. بنابراین برای تعیین نقش دقیق مکمل کلسیم و ویتامین D و رابطه متقابل آنها، به یک مطالعه هم‌گروهی آینده‌نگر بزرگ‌تر و کارآزمایی‌های تصادفی‌شده نیاز است (۴۴). به‌طور کلی، شواهد حاصل از مطالعات پیشین درباره اهمیت ویتامین D و کلسیم در چاقی، نشان داده‌اند که پژوهش‌های انجام‌گرفته، به‌ویژه مطالعات انسانی، نتوانسته‌اند رابطه روشنی بین وضعیت ویتامین D و کلسیم در چاقی پیدا کنند (۳، ۳۳). همچنین داده‌هایی وجود دارد که آثار مضر ناشی از مصرف این مواد مغذی به‌تنهایی یا در ترکیب را نشان می‌دهد (۴۵). با وجود این، پژوهش‌های پیشین بر مدل‌های حیوانی (۳۲، ۴۶-۴۸) و انسان‌ها (۲۷، ۳۱، ۳۱-۴۹) اغلب استفاده از مکمل کلسیم و ویتامین D را به‌عنوان عوامل درمانی بالقوه برای مدیریت چاقی توصیه می‌کنند.

سازوکار تأثیر ضدچاقی کلسیم رژیم غذایی را نخستین بار زیمل^۴ و همکاران با بررسی سازوکار عمل ژن خرگوش هندی در تنظیم سوخت‌وساز بافت چربی مطالعه کردند (۵۴) و نقش کلیدی کلسیم درون‌سلولی در تنظیم سوخت‌وساز چربی بافت چربی را نشان دادند. این یافته، تضادی را بارز می‌کند، زیرا افزایش کلسیم درون‌سلولی، ذخیره چربی بافت چربی (و خطر چاقی) را افزایش می‌دهد، درحالی‌که افزایش کلسیم رژیم غذایی مانع از ذخیره بیش‌ازحد چربی بافت چربی می‌شود. این تضاد با درک عمیق نقش هورمون‌های کلسیکوتروپیک^۵ برطرف می‌شود. مقادیر کلسیم درون‌سلولی در عمل در مقادیر کمتری در مقایسه با کلسیم پلازما حفظ می‌شود و کلسیم برون سلولی به‌سختی از راه هورمون پاراتیروئید، کلسی تریول (۱ و ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D) و کلسی تونین به میزان ثابت حفظ می‌شود (۵). بنابراین، افزایش کلسیم درون‌سلولی با افزایش ذخیره تری آسیل گلیسرول در بافت چربی از راه اجرای کنترل هماهنگ چرخه لیپوژنز و لیپولیز ظاهر می‌شود (۵۵). ویتامین D جذب کلسیم روده‌ای را افزایش می‌دهد و مانع از بازجذب استخوان از راه تأثیر تنظیمی منفی آن بر ترشح هورمون پاراتیروئید می‌شود (۵۶). ارتباطی بین ویتامین D و تنظیم هورمون PTH پیدا شده است، به‌کار بردن ویتامین D تأثیر سرکوب‌کننده‌ای بر میزان PTH در افراد چاق دارد (۲۶، ۵۷، ۵۸). افزون‌بر این کمبود ویتامین D، اشتها را افزایش

1. Chen

2. Kerksick

3. Jabbour

4. Zemel

5. Calcitropic hormones

و انرژی هزینه‌ای را کاهش می‌دهد که سازوکار این تغییرات از راه مهار فعال‌سازی مستقیم مسیرهای عصبی پیام‌رسانی ضدآشته‌ها (POMC/CART) یا فعال‌سازی مسیرهای عصبی اشتهاآور (NPY/AgRP) انجام می‌گیرد (۶).

نتایج پژوهش حاضر عدم تأثیر معنادار مکمل بر BDNF را نشان داد. در تناقض با پژوهش حاضر خایری^۱ و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند مصرف مکمل ویتامین D تا حد زیادی کاهش وابسته به پیری در میزان BDNF مغز را در مقایسه با گروه‌های کنترل کاهش می‌دهد (۳۶). بنابراین بازیابی میزان ویتامین D می‌تواند راهبرد مفیدی برای سلامت مغز در دوران پیری باشد. علاوه بر این، حاجی لویان^۲ و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر مکمل ویتامین D بر افزایش مقادیر BDNF و کاهش شاخص التهاب عصبی مغز و بهتر شدن عملکرد موش‌ها را نشان داده‌اند (۳۸). همچنین لنکا و همکاران (۲۰۱۵) ارتباط معناداری بین مقادیر BDNF و مصرف کلسیم در نوجوانان صرف‌نظر از میزان BMI مشاهده کردند (۵۹). با وجود این، اطلاعات وابسته به نقش ارتباطی ویتامین D و کلسیم و BDNF محدود است. با این حال، بابائی و همکاران (۲۰۱۷) و عباسعلی زاده فرهنگی و همکارانش (۲۰۱۷) به کاهش مقادیر BDNF اشاره کردند. بابائی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر دو ماه مقادیر زیاد (۱۰۰۰ IU.Kg) و کم (۱۰۰ IU.Kg) ویتامین D در موش‌های نژاد ویستار را بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان سرمی BDNF در گروه مصرف مقادیر کم ویتامین D در مقایسه با گروه مصرف مقادیر زیاد ویتامین D در حد معناداری بیشتر بود (۶۰). فرض بر این است کمبود ویتامین D باعث بدتر شدن اجزا سندروم سوخت‌وسازی و افزایش جبرانی در مقادیر BDNF سرم به‌عنوان عامل متابوتروپی می‌شود (۳۹، ۶۰). عباسعلی‌زاده فرهنگی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر ۱۶ هفته رژیم غذایی پرچرب (۶۰ درصد چربی) و به‌دنبال آن تجویز ۵ هفته ویتامین D بر شاخص‌های التهاب مغزی در موش‌های چاق را بررسی کردند و نشان دادند تجویز ویتامین D سبب کاهش میزان BDNF می‌شود (۳۹). از جمله دلایل تفاوت نتایج این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر می‌توان به تفاوت در دوز و مدت زمان مصرف مکمل ویتامین D اشاره کرد.

محدودیت‌های پژوهش

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به عدم کنترل دقیق رژیم غذایی و فعالیت روزانه آزمودنی‌ها و همچنین عدم سنجش میزان ویتامین دی و کلسیم خون آزمودنی‌ها اشاره کرد، افزون بر این آزمودنی‌های پژوهش صرفاً زنان بودند و نیز تعداد آنها محدود به ۳۲ نفر بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد تعامل ویتامین دی و کلسیم در کنار تمرین دایره‌ای خیلی شدید تأثیر بیشتر و معناداری در کاهش درصد چربی نسبت به گروه مکمل و گروه تمرین + دارونما داشت. همچنین نتایج نشان داد مکمل به‌تنهایی تأثیری بر BDNF ندارد. با وجود این، تمرین دایره‌ای خیلی شدید + مکمل و تمرین دایره‌ای خیلی شدید + دارونما تأثیر معناداری در افزایش BDNF داشتند.

تقدیر و تشکر

از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

¹ Khairy

² Hajiluian

References

1. Ward ZJ, Bleich SN, Cradock AL, Barrett JL, Giles CM, Flax C, et al. Projected US state-level prevalence of adult obesity and severe obesity. 2019;381(25):2440-50. DOI: 10.1056/NEJMsa1909301
2. Rajabi H, Sabouri M, Hatami EJCNE. Associations between physical activity levels with nutritional status, physical fitness and biochemical indicators in older adults. 2021;45:389-98. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.07.014>
3. Kerksick CM, Roberts MD, Campbell BI, Galbreath MM, Taylor LW, Wilborn CD, et al. Differential impact of calcium and vitamin D on body composition changes in post-menopausal women following a restricted energy diet and exercise program. 2020;12(3):713. <https://doi.org/10.3390/nu12030713>
4. Zemel MB, Thompson W, Milstead A, Morris K, Campbell PJOr. Calcium and dairy acceleration of weight and fat loss during energy restriction in obese adults. 2004;12(4):582-90. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.67>
5. Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D, Zemel PCJTFJ. Regulation of adiposity by dietary calcium. 2000;14(9):1132-8. <https://doi.org/10.1096/fasebj.14.9.1132>
6. Medicine ACoS. ACSM's health-related physical fitness assessment manual: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
7. Taraghi Z, Ilaili ES, Yaghoobi T, Azizi S, Akbari- Kamrani AA, Foroughan M, et al. Vitamin D deficiency and related factors among the elderly with CHF %J Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2014;17(6):602-9. (In Persian)
8. Das S, Choudhuri DJLs. Dietary calcium regulates the insulin sensitivity by altering the adipokine secretion in high fat diet induced obese rats. 2020;250:117560. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.117560
9. Thomas DT, Wideman L, Lovelady CA. Effects of calcium and resistance exercise on body composition in overweight premenopausal women. Journal of the American College of Nutrition. 2010;29(6):604-11. <https://doi.org/10.1080/07315724.2010.10719899>
10. Dadrass A, Mohammadzadeh Salamat K, Hamidi K, Azizbeigi K. Effects of vitamin D supplementation and resistance training on insulin resistance, lipid profile and body fat percentage in T2D men with vitamin D deficiency. %J Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2018;23(2):1-11. DOI:10.29252/sjku.23.2.1 (In Persian)
11. Seldeen KL, Pang M, Rodríguez-Gonzalez M, Hernandez M, Sheridan Z, Yu P, et al. A mouse model of vitamin D insufficiency: is there a relationship between 25(OH) vitamin D levels and obesity? Nutrition & Metabolism. 2017;14(1):26. <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0174-6>
12. Muscogiuri G, Sorice G, Ajjan R, Mezza T, Pilz S, Prioletta A, et al. Can vitamin D deficiency cause diabetes and cardiovascular diseases? Present evidence and future perspectives. 2012;22(2):81-7. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2011.11.001>
13. Chiaramello S, Dalmaso G, Bezin L, Marcel D, Jourdan F, Peretto P, et al. BDNF/TrkB interaction regulates migration of SVZ precursor cells via PI3-K and MAP- K signalling pathways. 2007;26(7):1780-90. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2007.05818.x>
14. Lang UE, Hellweg R, Seifert F, Schubert F, Gallinat JJBp. Correlation between serum brain-derived neurotrophic factor level and an in vivo marker of cortical integrity. 2007;62(5):530-5. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.01.002>
15. Coelho FGdM, Vital TM, Stein AM, Arantes FJ, Rueda AV, Camarini R, et al. Acute aerobic exercise increases brain-derived neurotrophic factor levels in elderly with Alzheimer's disease. 2014;39(2):401-8. DOI: 10.3233/JAD-131073
16. Forti LN, Njemini R, Beyer I, Eelbode E, Meeusen R, Mets T, et al. Strength training reduces circulating interleukin-6 but not brain-derived neurotrophic factor in community-dwelling elderly individuals. 2014;36(5):1-11. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9704-6>
17. Marquez CMS, Vanaudenaerde B, Troosters T, Wenderoth NJJoAP. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. 2015. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00126.2015>

18. Jiménez-Maldonado A, Rentería I, García-Suárez PC, Moncada-Jiménez J, Freire-Royes LFJFin. The impact of high-intensity interval training on brain derived neurotrophic factor in brain: a mini-review. 2018;12:839. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00839>
19. Azuma K, Osawa Y, Tabata S, Horisawa S, Katsukawa F, Ishida H, et al. Association of serum BDNF concentration with high-intensity interval training. 2015;64(2):227-32. <https://doi.org/10.7600/jspfsm.64.227>
20. Golden E, Emiliano A, Maudsley S, Windham BG, Carlson OD, Egan JM, et al. Circulating brain-derived neurotrophic factor and indices of metabolic and cardiovascular health: data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. 2010;5(4):e10099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010099>
21. Bahmani E, Hoseini R, Amiri E. Home-based aerobic training and vitamin D improve neurotrophins and inflammatory biomarkers in MS patients. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2022;60:103693. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.103693>
22. Hosseini SM, Fallah Mohammadi Z, Talebi VJSP. The Effect of Pretreatment with Interval Training and Vitamin D on IL-10, BDNF and TNF α in Brain Rat Model of Experimental Autoimmune Encephalomyelitis (EAE). 2018;9(36):129-42. <https://doi.org/10.22089/spj.2017.3985.1540>
23. Klika B, Jordan CJAsH, Journal F. High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. 2013;17(3):8-13. DOI: 10.1249/FIT.0b013e31828cb1e8
24. Wagner G, Kindrick S, Hertzler S, DiSilvestro RAJotACoN. Effects of various forms of calcium on body weight and bone turnover markers in women participating in a weight loss program. 2007;26(5):456-61. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719636>
25. Drori A, Rotnemer-Golinkin D, Avni S, Danay O, Levanon D, Tam J, et al. Attenuating the rate of total body fat accumulation and alleviating liver damage by oral administration of vitamin D-enriched edible mushrooms in a diet-induced obesity murine model is mediated by an anti-inflammatory paradigm shift. 2017;17(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s12876-017-0688-4>
26. Lotfi-Dizaji L, Mahboob S, Aliashrafi S, Vaghef- Mehrabany E, Ebrahimi- Ma meghani M, Morovati AJCe. Effect of vitamin D supplementation along with weight loss diet on meta-inflammation and fat mass in obese subjects with vitamin D deficiency: A double-blind placebo- controlled randomized clinical trial. 2019;90(1):94-101. <https://doi.org/10.1111/cen.13861>
27. Sharifan P, Ziaee A, Darroudi S, Rezaie M, Safarian M, Eslami S, et al. Effect of low-fat dairy products fortified with 1500IU nano encapsulated vitamin D3 on cardiometabolic indicators in adults with abdominal obesity: A total blinded randomized controlled trial. 2021;37(4):579-88. <https://doi.org/10.1080/03007995.2021.1874324>
28. Nameni G, Hajilulian G, Shahabi P, Farhangi MA, Mesgari-Abbasi M, Hemmati M-R, et al. The impact of vitamin D supplementation on neurodegeneration, TNF- α concentration in hypothalamus, and CSF-to-plasma ratio of insulin in high-fat-diet-induced obese rats. 2017;61(2):247-55. <https://doi.org/10.1007/s12031-016-0864-y>
29. Benetti E, Mastrocola R, Chiazza F, Nigro D, D'Antona G, Bordano V, et al. Effects of vitamin D on insulin resistance and myosteatosis in diet-induced obese mice. 2018;13(1):e0189707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189707>
30. Jabbour J, Rahme M, Mahfoud ZR, El-Hajj Fuleihan G. Effect of high dose vitamin D supplementation on indices of sarcopenia and obesity assessed by DXA among older adults: A randomized controlled trial. *Endocrine*. 2022;76(1):162-71. <https://doi.org/10.1007/s12020-021-02951-3>
31. Chen L, Dong Y, Bhagatwala J, Raed A, Huang Y, Zhu HJN. Vitamin D3 supplementation increases long-chain ceramide levels in overweight/obese African americans: A post-hoc analysis of a randomized controlled trial. 2020;12(4):981. <https://doi.org/10.3390/nu12040981>
32. Nandan P, Nayanatara AK, Poojary R, Bhagyalakshmi K, Nirupama M, Kini RDJotNMA. Protective role of co-administration of vitamin D in monosodium glutamate induced obesity in female rats. 2018;110(1):98-102. <https://doi.org/10.1016/j.jnma.2017.03.006>
33. Brzeziński M, Jankowska A, Słomińska-Frączek M, Metelska P, Wiśniewski P, Socha P, et al. Long-Term Effects of Vitamin D Supplementation in Obese Children During Integrated Weight-Loss Programme—A Double Blind Randomized Placebo-Controlled Trial. 2020;12(4):1093. <https://doi.org/10.3390/nu12041093>

34. Subih HS, Zueter Z, Obeidat BM, Al-Qudah MA, Hammoh F, Sharkas G, et al. A high weekly dose of cholecalciferol and calcium supplement enhances weight loss and improves health biomarkers in obese women. 2018;59:53-64. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2018.07.011>
35. Aminaei M, Shamsi EH, Nikoei RJOM. The impact of eight weeks of calcium intake and vitamin D along with TRX exercise on body composition and lipid profiles of overweight women. 2020;19:100249. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2020.100249>
36. Khairy EY, Attia MMJNn. Protective effects of vitamin D on neurophysiologic alterations in brain aging: role of brain-derived neurotrophic factor (BDNF). 2021;24(8):650-9. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2019.1665854>
37. Goltz A, Janowitz D, Hannemann A, Nauck M, Hoffmann J, Seyfart T, et al. Association of brain-derived neurotrophic factor and vitamin D with depression and obesity: a population-based study. 2017;76(4):171-81. <https://doi.org/10.1159/000489864>
38. Hajiluian G, Nameni G, Shahabi P, Mesgari-Abbasi M, Sadigh-Eteghad S, Farhangi MJJoo. Vitamin D administration, cognitive function, BBB permeability and neuroinflammatory factors in high-fat diet-induced obese rats. 2017;41(4):639-44. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.10>
39. Farhangi MA, Mesgari-Abbasi M, Nameni G, Hajiluian G, Shahabi PJBn. The effects of vitamin D administration on brain inflammatory markers in high fat diet induced obese rats. 2017;18(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/s12868-017-0400-1>
40. Miller RM, Heishman AD, Freitas ED, Bembem MGJD-R. Comparing the acute effects of intermittent and continuous whole-body vibration exposure on neuromuscular and functional measures in sarcopenia and nonsarcopenic elderly women. 2018;16(3):1559325818797009. DOI:10.1177/1559325818797009
41. Ko M-C, Wu L-S, Lee S, Wang C-C, Lee P-F, Tseng C-Y, et al. Whole-body vibration training improves balance control and sit-to-stand performance among middle-aged and older adults: a pilot randomized controlled trial. 2017;14(1):1-11. <https://doi.org/10.1186/s11556-017-0180-8>
42. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998.
43. Zhu W, Cai D, Wang Y, Lin N, Hu Q, Qi Y, et al. Correction: Calcium plus vitamin D3 supplementation facilitated Fat loss in overweight and obese college students with very-low calcium consumption: a randomized controlled trial. 2013;12:43. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-8>
44. Harahap IA, Landrier J-F, Suliburska J. Interrelationship between Vitamin D and Calcium in Obesity and Its Comorbid Conditions. 2022;14(15):3187. <https://doi.org/10.3390/nu14153187>
45. Heravi AS, Michos EDJMDcj. Vitamin D and calcium supplements: helpful, harmful, or neutral for cardiovascular risk? 2019;15(3):207. <https://doi.org/10.14797/mdcj-15-3-207>
46. Marziou A, Aubert B, Couturier C, Astier J, Philouze C, Obert P, et al. Combined Beneficial Effect of Voluntary Physical Exercise and Vitamin D Supplementation in Diet-induced Obese C57BL/6J Mice. 2021. DOI: 10.1249/mss.0000000000002664
47. Yoo JS, Park CY, Seo YK, Woo SH, Kim DY, Han SNJNR. Vitamin D supplementation partially affects colonic changes in dextran sulfate sodium-induced colitis obese mice but not lean mice. 2019;67:90-9. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.03.009>
48. Valle M, Mitchell PL, Pilon G, Varin T, Hénault L, Rolin J, et al. Salmon peptides limit obesity-associated metabolic disorders by modulating a gut-liver axis in vitamin D-deficient mice. 2021;29(10):1635-49. <https://doi.org/10.1002/oby.23244>
49. Vinet A, Morrissey C, Perez-Martin A, Goncalves A, Raverdy C, Masson D, et al. Effect of vitamin D supplementation on microvascular reactivity in obese adolescents: A Randomized Controlled Trial. 2021;31(8):2474-83. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.04.025>
50. Naderpoor N, Mousa A, de Courten M, Scragg R, de Courten BJTJoSB, Biology M. The relationship between 25-hydroxyvitamin D concentration and liver enzymes in overweight or obese adults: Cross-sectional and interventional outcomes. 2018;177:193-9. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2017.09.009>
51. Fernández-Arroyo S, Hernández-Aguilera A, de Vries MA, Burggraaf B, van der Zwan E, Pouw N, et al. Effect of Vitamin D3 on the postprandial lipid profile in obese patients: a non-targeted lipidomics study. 2019;11(5):1194. <https://doi.org/10.3390/nu11051194>

52. El Hajj C, Walrand S, Helou M, Yammine KJN. Effect of vitamin D supplementation on inflammatory markers in non-obese Lebanese patients with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. 2020;12(7):2033. <https://doi.org/10.3390/nu12072033>
53. Cefalo CM, Conte C, Sorice GP, Moffa S, Sun VA, Cinti F, et al. Effect of Vitamin D Supplementation on Obesity-Induced Insulin Resistance: A Double- Blind, Randomized, Placebo- Controlled Trial. 2018;26(4):651-7. <https://doi.org/10.1002/oby.22132>
54. Zemel MBJM, Processes CEoNoD. Nutritional and endocrine modulation of intracellular calcium: implications in obesity, insulin resistance and hypertension. 1998:129-36. DOI: 10.1007/978-1-4615-5763-0_14
55. Shapses SA, Heshka S, Heymsfield SBJTJoCE, Metabolism. Effect of calcium supplementation on weight and fat loss in women. 2004;89(2):632-7. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-021136>
56. Holick MFJNEjom. Vitamin D deficiency. 2007;357(3):266-81. DOI:10.1056/NEJMra070553
57. Kim H, Chandler P, Ng K, Manson JE, Giovannucci EJCC, Control. Obesity and efficacy of vitamin D3 supplementation in healthy black adults. 2020;31(4):303-7. <https://doi.org/10.1007/s10552-020-01275-3>
58. Mesinovic J, Mousa A, Wilson K, Scragg R, Plebanski M, de Courten M, et al. Effect of 16-weeks vitamin D replacement on calcium-phosphate homeostasis in overweight and obese adults. 2019;186:169-75. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2018.10.011>
59. Dušátková L, Zamrazilová H, Aldhoon-Hainerová I, Sedláčková B, Včelák J, Hlavatý P, et al. A common variant near BDNF is associated with dietary calcium intake in adolescents. 2015;35(9):766-73. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.06.004>
60. Babaei P, Shirkouhi SG, Hosseini R, Soltani Tehrani BJD, syndrome m. Vitamin D is associated with metabotropic but not neurotrophic effects of exercise in ovariectomized rats. 2017;9(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s13098-017-0288-z>