

Research Paper

Effect of Four Weeks of Ginger Supplementation Followed by Acute Eccentric and Concentric Training on Irisin and Insulin Levels, Insulin Resistance Index, and Lipid Profile of Young Women With Obesity: A Randomized Clinical trial



Asma Soleimani¹, *Mohammad Fathi¹

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, khoramabad, Iran.



Citation Soleimani A, Fathi M. [Effect of Four Weeks of Ginger Supplementation Followed by Acute Eccentric and Concentric Training on Irisin and Insulin Levels, Insulin Resistance Index, and Lipid Profile of Young Women With Obesity: A Randomized Clinical Trial (Persian)]. *Journal of Arak University of Medical Sciences (JAMS)*. 2022; 25(2):214-229. <https://doi.org/10.32598/JAMS.25.2.4334.6>

 <https://doi.org/10.32598/JAMS.25.2.4334.6>



Article Info:

Received: 08 Jun 2022

Accepted: 31 May 2022

Available Online: 01 Jun 2022

Key words:

Irisin, Insulin resistance, Ginger, Lipid profile, Obesity

ABSTRACT

Background and Aim Recently, a myokine called irisin has been discovered that affects glucose level, obesity, metabolism and glucose homeostasis by browning of white adipose tissue and heat production. This study aims to evaluate the effect of four weeks of ginger supplementation followed by acute eccentric and concentric training on irisin and insulin levels, insulin resistance index, and lipid profile of young women with obesity.

Methods & Materials This is a randomized clinical trial. Participants were 50 young women (BMI >30 kg/m², age: 24.86±2.87 years, height: 159.66±4.20 cm, and weight: 87.42±4.61 kg). After measuring their maximum oxygen consumption, they were randomly divided into five groups, two groups of supplementation, two groups of placebo, and one control group. The training protocol consisted of two sessions of acute eccentric and concentric activity. The supplementation groups consumed 2 g of ginger powder daily for 4 weeks. Blood samples were collected before and immediately after each activity. Data were analyzed using dependent t-test and one-way analysis of variance (ANOVA).

Ethical Considerations This study was registered by Iranian Registry of Clinical Trials (Code: IRCT201104246178N1) and was approved by the ethics committee of Ilam University of Medical Sciences (Code: IR.MEDILAM.REC.1395.192).

Results The irisin and insulin levels between increased and the glucose level decreased significantly in the supplementation groups (P<0.05). The change in insulin resistance index was not significantly different among the study groups (P>0.05). Based on the results of one-way ANOVA, triglyceride and low-density lipoprotein levels decreased significantly (P<0.05), but the high-density lipoprotein level showed no significant difference (P<0.05). The total cholesterol level was not significantly different in terms of exercise type (P> 0.05) but was significantly different in terms of supplementation type (P<0.05).

Conclusion Long-term consumption of ginger along with regular exercise can be an effective method for lowering glucose level and causing favorable changes in irisin level, insulin resistance, and lipid profile in young women with obesity.

* Corresponding Author:

Mohammad Fathi

Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, khoramabad, Iran.

Tel: +98 (916) 3972041

E-mail: fathi.m@lu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Obesity is a fundamental problem in public health and an underlying factor in many chronic diseases and disorders [1, 2]. According to the report of the World Health Organization in 2014, 39% of adults were overweight and 13% had obesity [3]. Physical activity stimulates the production of myokines, which have different functions in skeletal muscles, fat tissue, and blood vessels [5, 6]. Irisin, as a new myokine, is the product of fibronectin type III domain-containing gene, which is mainly produced in muscles and regulated by the PGC-1 gene, and is known as a mediating factor for the beneficial effects of exercise on metabolism, with positive self-regulation [7]. In addition, irisin can reduce the body weight by improving lipid and glucose metabolism and increasing energy consumption [8]. This study aims to evaluate the effect of four weeks of ginger supplementation on irisin, insulin resistance index, and lipid profile of young women with obesity followed by eccentric and concentric training.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study. Participants were 50 young women with obesity. They were randomly divided into five groups. The training program included two sessions of eccentric and concentric activity on the treadmill. The subjects in the eccentric activity+supplement and concentric activity+supplement groups received one gram of

ginger capsule (Xintoma) at a dose of 250 mg, two times a day (before lunch and dinner) for 4 weeks. The placebo group used capsules containing starch (placebo) during these four weeks. During supplementation, no any sports activities were performed. After the end of the supplementation, the subjects performed training (Table 1). Blood was taken from the subjects two times, before physical activity and immediately after physical activity; each time 5 cc was taken from their brachial vein in each stage. Fasting blood samples were centrifuged at 3500 rpm.

Results

The anthropometric characteristics, body composition, and VO_{2max} , exhausting time, and heart rate are shown in Table 1. The results of statistical tests related to irisin level, insulin level, insulin resistance index and lipid profile are given in Table 2. The results of the correlation test of irisin level with the study variables in two types of acute eccentric and concentric exercises are shown in Table 3.

Discussion

Based on the results of one-way ANOVA, four weeks of ginger supplementation followed by acute eccentric and concentric activity showed a significant increase in serum irisin and insulin levels and a significant decrease in glucose level compared to the placebo groups. Ginger supplement followed by acute eccentric and concentric activity also caused a significant change in levels of total cholesterol, Triglyceride, and LDL compared to the placebo groups, but no significant change was reported in the HDL level. It is possible that ginger increased thermogen-

Table 1. The Ellestad protocol

Step	Speed (Km/h)	Slope (%)	Duration
Warming up	7.1	0	5
1	7.2	10	3
2	8.4	10	2
3	4.6	10	2
4	8	10	3
5	7.9	15	2
6	3.11	15	2
7	8.12	15	2
Cooling down	5.2	0	5

Table 2. Between-group and within-group comparisons of the study variables

Indicator	Group	Mean±SD		P (Within-Group) *	P (Between-Group) **
		Pre-test	Post-test		
Irisin (ng/mL)	Supplement+eccentric training	91.01±25.42	80.11±39.07	0.001	0.004
	Supplement+concentric training	29.77±14.41	140.86±44.35	0.001	
	Placebo+eccentric training	66.57±25.16	79.67±50.27	0.002	
	Placebo+concentric training	64.88±28.13	105.36±04.72	0.002	
	Control	25.74±21.45	32.41±25.52	0.1	
Glucose (mg/dL)	Supplement+eccentric training	92.11±77.63	82.52±73.66	0.005	0.002
	Supplement+concentric training	77.10±42.71	72.11±50.25	0.0001	
	Placebo+eccentric training	89.31±77.48	90.88±76.31	0.001	
	Placebo+concentric training	77.88±62.71	76.76±44.33	0.002	
	Control	77.13±33.83	83.97±77.20	0.8	
Insulin (IU/mL)	Supplement+eccentric training	99.72±25.5	80.5±15.64	0.2	0.001
	Supplement+concentric training	27.8±05.80	140.6±53.92	0.0001	
	Placebo+eccentric training	25.8±05.80	53.92±50.6	0.2	
	Placebo+concentric training	62.89±28.7	105.6±10.31	0.01	
	Control	95.53.±16.5	71.94±15.6	0.1	
Insulin resistance index	Supplement+eccentric training	12.47±3.3	30.95±4.1	0.1	0.08
	Supplement+concentric training	42.71±3.2	15.65±5.2	03.0	
	Placebo+eccentric training	14.15±2.1	57.38±2.1	0.05	
	Placebo+concentric training	24.28±3.1	63.43.2±3.2	0.3	
	Control	3.0±1.28	73.51±3.7	0.3	
Triglyceride (mg/day)	Supplement+eccentric training	188.10±20.82	179.76±30.1	0.02	0.001
	Supplement+concentric training	189.16±20.22	172.56±30.16	0.04	
	Placebo+eccentric training	189.96±01.3	176.104±33.14	0.6	
	Placebo+concentric training	188.84±51.01	180.20±41.01	0.5	
	Control	188.56±51.24	188.100±11.78	0.8	
LDL (mg/day)	Supplement+eccentric training	112.12±50.22	109.8±33.83	0.004	0.02
	Supplement+concentric training	112.11±60.02	106.9±33.83	0.005	
	Placebo+eccentric training	110.22±25.42	109.20±83.97	0.8	
	Placebo+concentric training	111.12±97.84	110.11±83.45	0.5	
	Control	105.15±48.9	104.20±14.33	0.5	
HDL (mg/day)	Supplement+eccentric training	72.5±99.43	45.3±12.33	0.06	0.07
	Supplement+concentric training	32.4±23.44	45.53±12.55	0.08	
	Placebo+eccentric training	83.4±84.45	44.4±23.32	0.5	
	Placebo+concentric training	76.21±45.13	55.09±45.4	0.9	
	Control	88.41±42.21	84.83±45.6	0.8	
Total cholesterol (mg/day)	Supplement+eccentric training	186.33±99.61	190.36±20.22	0.4	0.04
	Supplement+concentric training	177.35±15.01	191.12±40.22	0.02	
	Placebo+eccentric training	183.1±93.14	185.5±58.06	0.7	
	Placebo+concentric training	183.91±22.10	186.5±43.52	0.2	
	Control	185.7±19.98	185.5±58.06	0.1	

* Paired t-test; **one-way ANOVA; LDL= Low-density lipoprotein, HDL= High-density lipoprotein

Table 3. Correlation of irisin level with the study variables based on two types of acute training

Variables	Concentric Training	Eccentric Training
Glucose	r=0.236 P=0.224	r=0.214 P=0.227
Insulin	r=0.562 P=0.001*	r=0.177 P=0.289
Insulin resistance index	P=0.524 P=0.002*	P=0.235 P=0.226

*Significant at $P < 0.05$

 Journal of Arak University of Medical Sciences

esis and energy consumption through the release of catecholamines, breakdown of fat cells in white adipose tissue, and inhibition of human intestinal lumen, and which led to lipid reduction [26, 27]. Irisin is a myokine that is stimulated by acute physical activity and increases energy expenditure; thus, it has an important role in obesity and metabolic disorders, and is a potential therapeutic target in the future [12]. However, its physiology in humans remains unknown. The results of this research showed that irisin and insulin resistance of obese girls increased after both eccentric and concentric exercises. There was a significant difference between the two types of exercise in terms of irisin level, but there was no significant difference in terms of insulin resistance index.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All procedures in the study on human participants were in accordance with the guidelines of the ethics committee of Ilam University of Medical Sciences (Code: IR.MEDILAM.REC.1395.192).

Funding

This study was part of a research project at Lorestan University.

Authors' contributions

Conceptualization, editing & review: Asma Soleimani, Mohammad Fathi; Investigation, sampling, and data analysis: Asma Soleimani.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل بر هورمون آیریزین، انسولین، شاخص مقاومت انسولین و نیمرخ لیپیدی دختران چاق به دنبال فعالیت حاد برون گرا و درون گرا

اسماء سلیمانی^۱، محمد فتحی^{۱*}

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.



Citation Soleimani A, Fathi M. [Effect of Four Weeks of Ginger Supplementation Followed by Acute Eccentric and Concentric Training on Irisin and Insulin Levels, Insulin Resistance Index, and Lipid Profile of Young Women With Obesity: A Randomized Clinical Trial (Persian)]. *Journal of Arak University of Medical Sciences (JAMS)*. 2022; 25(2):214-229. <https://doi.org/10.32598/JAMS.25.2.4334.6>

doi <https://doi.org/10.32598/JAMS.25.2.4334.6>

چکیده

زمینه و هدف: به تازگی مایوکاینی به نام آیریزین کشف شده که از طریق قهوه‌ای کردن بافت چربی سفید و گرمایی برچاقی، متابولیسم و هموستاز گلوکز اثر می‌گذارد. هدف این پژوهش بررسی تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل بر آیریزین، شاخص مقاومت انسولین و نیمرخ لیپیدی زنان چاق به دنبال فعالیت حاد برون گرا و درون گرا بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۴۰ دختر با نمایه بدنی بالای ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، سن ۲۴/۸۶±۲/۸۷ سال، قد ۱۵۹/۶۶±۴/۲۰ سانتی‌متر و وزن ۸۷/۴۲±۴/۶۱ کیلوگرم در تحقیق شرکت کردند. بعد از اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به ۵ گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل ۲ جلسه فعالیت حاد فعالیت حاد (برون گرا و درون گرا) اجرا شد. گروه مکمل روزانه ۲ گرم پودر زنجبیل را به مدت ۴ هفته مصرف می‌کردند. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله پس از هر نوع فعالیت جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تی وابسته و تحلیل واریانس یک‌طرفه تجزیه و تحلیل شد.

ملاحظات اخلاقی: این تحقیق با کد IRCT201104246178N1 در سامانه کارآزمایی بالینی ایران ثبت شد و از کلیه شرکت‌کنندگان برای شرکت در مطالعه رضایت‌نامه کتبی دریافت شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج آزمون آماری مشخص شد که میزان آیریزین، انسولین بین ۲ نوع فعالیت برون گرا و درون گرا همراه با مصرف زنجبیل در همه گروه‌ها به‌ترتیب افزایش معنادار و میزان گلوکز کاهش معناداری یافته است ($P < 0.05$). همچنین مشخص شد شاخص مقاومت به انسولین بین ۲ نوع تمرین همراه با مصرف زنجبیل در همه گروه‌ها افزایش جزئی و غیرمعنادار است ($P < 0.05$). علاوه بر این براساس نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه در بین ۲ تمرین همراه با مصرف زنجبیل در همه گروه‌ها سطوح چربی باچگالی بالا افزایش غیرمعنادار ($P < 0.05$) و سطوح تری‌گلیسیرید و کلسترول باچگالی کم کاهش معناداری یافته است ($P < 0.05$). همچنین نتایج نشان داد تغییرات سطوح کلسترول تام در بین ۲ نوع تمرین همراه با مصرف زنجبیل در گروه‌های تمرین کاهش غیرمعنادار ($P < 0.05$) و گروه‌های مکمل کاهش معنادار یافته است ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌شود مصرف طولانی مدت زنجبیل به همراه تمرینات ورزشی مداوم می‌تواند شیوه درمانی مؤثری برای کاهش گلوکز و تغییرات مطلوب در آیریزین، مقاومت به انسولین و نیمرخ‌های لیپیدی در زنان چاق باشد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۸ خرداد ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۲۹ مهر ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۱۱ خرداد ۱۴۰۱

کلیدواژه‌ها:

آیریزین، مقاومت به انسولین، نیمرخ لیپیدی، زنجبیل، چاقی

* نویسنده مسئول:

محمد فتحی

نشانی: خرم‌آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۳۹۷۲۰۴۱ (۹۱۶) +۹۸

پست الکترونیکی: fathi.m@lu.ac.ir

مقدمه

انسولین، کاهش در وزن بدن و کاهش توده چربی^۸ در موش‌ها می‌شود [۷]. با این حال، تناقضات در مورد ارتباط آیریزین در انسان به‌ویژه در پیشگیری و درمان چاقی وجود دارد. برخی از مطالعات انسانی گزارش کرده‌اند که یک همبستگی مثبت بین سطوح پایه در گردش آیریزین یا بیان FNDC5 mRNA و شاخص توده بدن^۹ وجود دارد [۷]. در حالی که مطالعات دیگر یک ارتباط منفی بین آیریزین در گردش با شاخص توده بدن یافتند [۷].

هر چند اطلاعات مطالعات انسانی محدود هستند، اما مشخص شد ورزش باعث افزایش قابل توجهی در غلظت آیریزین می‌شود [۷]. اخیراً مشخص شد تمرین برون‌گرا و درون‌گرا بر روی ترمیم اثرات مشابهی در بهبود متابولیسم گلوکز و چربی‌ها در افراد سالم غیرفعال دارد [۱۱]. افراد غیرفعال گروه‌هایی هستند که هیچ‌گونه فعالیت ورزشی ندارند. اگرچه آن‌ها با استفاده از پروتکل‌های مختلف مشخص کردند که تمرین با شیب منفی از طریق افزایش سیگنالینگ و بهبود عمل انسولین باعث تعدیل مثبت مقاومت به انسولین و تحمل گلوکز در زنان و مردان می‌شود [۱۲]. در حالی که یک جلسه تمرین استقامتی درون‌گرا به‌طور کلی با بهبود فعالیت انسولین و انتقال گلوکز همراه است [۱۳]. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که آسیب عضلانی ناشی از تمرین غیرعادی برون‌گرا ممکن است اثرات منفی بر متابولیسم گلوکز بگذارد [۱۴].

علاوه بر ورزش، استفاده از گیاهان دارویی در پیشگیری از چاقی مطرح است [۱۵]. از جمله گیاه زنجبیل با نام علمی *Zingiber officinale* است [۱]. به نظر می‌رسد زنجبیل یکی از رایج‌ترین ادویه‌ها و مکمل‌های غذایی است که در مقابل چاقی و اختلالات مرتبط با آن اثرات مفیدی دارد [۱۶]. مطالعه جینگ وانگ و همکاران نشان می‌دهد که تعدیل میکروبیوتایز روده به‌عنوان یک نتیجه از مکمل زنجبیل تأثیر درمانی بر چاقی موش‌ها دارد [۱۵]. جینجروول یکی از ترکیبات مهم و فعال زنجبیل است که دارای اثرات کاهندگی چاقی با تغییر در فعالیت و بیان برخی از آنزیم‌های دخیل در متابولیسم مواد مغذی است [۱۶]. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده، نشان داده شده است شدت و نوع تمرین از اصلی‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سطوح آیریزین است و شدت‌های بالای تمرینی، سبب افزایش بیشتر سطوح سرمی آیریزین می‌شود [۱۷، ۱۸]. پژوهشی به مقایسه دو شدت کم ($VO_2 \max 40\%$)^{۱۰} و زیاد ($VO_2 \max 80\%$)^{۱۱} تمرینی بر سطوح آیریزین سرمی پرداخته است که نتایج آن حاکی از افزایش معنادار آیریزین در تمرین با شدت بالا بود [۱۷]. مشخص شد زنجبیل با اثر بر روی کبد باعث کاهش بیوسنتز کلاسترول می‌شود و احتمالاً تبدیل کلاسترول به اسیدهای صفراوی را تحریک می‌کند و دفع آن را افزایش می‌دهد [۱۹]. اثر زنجبیل در پایین آوردن تری‌گلیسرید خون ممکن است

چاقی مشکل اساسی در بهداشت عمومی و یک عامل زمینه‌ساز برای بسیاری از بیماری‌های مزمن و اختلالات مختلف می‌باشد [۲، ۱]. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی^۱ در سال ۲۰۱۴، ۳۹ درصد بزرگسالان دارای اضافه وزن و ۱۳ درصد آنان چاق بودند [۲]. منظور از چاقی حالتی است که در آن، بدن شخص دارای چربی بیش از اندازه باشد. در سال‌های اخیر، تعامل بین بافت‌های چربی و عضله به‌طور فزاینده‌ای شناسایی شده است که مربوط به ادیپوکین‌های مترشحه از عضلات است که نقش مهمی در تنظیم وزن و چاقی دارند [۴]. فعالیت بدنی باعث تحریک تولید مایوکین‌ها می‌شود که دارای عملکرد مختلفی در عضلات اسکلتی، بافت چربی و رگ‌های خونی هستند [۵، ۶].

آیریزین یک مایوکین جدید و محصول ژن FNDC5^۲ است که به‌طور عمده در عضلات تولید و توسط ژن PGC-1^۳ تنظیم می‌شود و به‌عنوان فاکتور میانجی اثرات مفید تمرینات ورزشی بر متابولیسم شناخته می‌شود که دارای خودتنظیمی مثبت می‌باشد [۷]. همچنین آیریزین می‌تواند با بهبود متابولیسم لیپید و گلوکز و افزایش مصرف انرژی، موجب کاهش وزن شود [۸]. اگرچه فعالیت ورزشی منظم به‌واسطه افزایش هزینه انرژی، تسریع و بهبود اکسیداسیون چربی‌ها، باعث کاهش عوامل خطرزای بسیاری از بیماری‌ها می‌شود، اما مکانیسم دقیق افزایش هزینه انرژی ناشی از ورزش، همچنان نامشخص است [۹]. تغییر فنوتیپ بافت چربی بر اثر تمرین تئوری جدیدی است که به‌تازگی مطرح شده است، اما سازوکار سلولی مولکولی آن در حال بررسی است. بافت چربی به دو صورت بافت چربی سفید^۴ و بافت چربی قهوه‌ای^۵ مشخص شده است. بافت چربی سفید به‌عنوان مسئول اصلی ذخیره‌سازی چربی و انرژی و بافت چربی قهوه‌ای به‌دلیل تنفس خارجی میتوکندری می‌تواند انرژی را به‌صورت گرما انتقال دهد [۱۰].

در مطالعه بوستروم و همکاران مشخص شد که فعالیت بدنی با افزایش بیان ژن PGC1a در عضله، باعث افزایش پروتئین‌های غشایی FNDC56 و در نهایت ترشح هورمونی بنام آیریزین می‌شود. آیریزین به‌عنوان یک مایوکین عمل می‌کند و با افزایش بیان ژن پروتئین UCP1^۷ در میتوکندری‌های سلول‌های چربی موجب تبدیل بافت‌های چربی سفید به قهوه‌ای می‌شود. در نتیجه با افزایش فرایند گرمزایی باعث بهبود تحمل گلوکز، افزایش حساسیت به

1. World Health Organization (WHO)
2. Fibronectin type III domain-containing
3. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha
4. White Adipose Tissue (WAT)
5. Brown Adipose Yissue (BAT)
6. Fibronectin type III domain-containing protein 5 precursor (FNDC5)
7. Uncoupling protein 1

8. FM

9. Body Mass Index (BM)

۱۰. حداکثر اکسیژن مصرفی

هم از طریق افزایش میزان و هم فعالیت لیپوپروتئین لیپاز عروقی باشد که باعث می‌شود تری‌گلیسریدهای موجود در عروق خونی تجزیه شود و سبب کاهش تری‌گلیسریدها در پلاسما گردد. با کاهش تری‌گلیسرید توسط زنجبیل، میزان لیپوپروتئین کم چگال نیز به‌طور معناداری کم می‌شود [۲۱].

به‌دلیل نبود پژوهش در رابطه با تأثیر نوع انقباضات عضلانی ناشی از تمرینات برون‌گرا و درون‌گرا بر سطح آیریزین سرم و تأثیر این نوع تمرین بر آیریزین و مقاومت به انسولین همراه با مصرف مکمل، لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل بر هورمون آیریزین، انسولین، شاخص مقاومت انسولین و نیمرخ لیپیدی دختران چاق به دنبال فعالیت حاد برون‌گرا و درون‌گرا انجام شد.

مواد و روش‌ها

پروتکل ورزشی

این پژوهش به روش نیمه‌تجربی از نوع کاربردی است که جامعه آماری این تحقیق را دختران چاق تشکیل می‌دادند. پس از اعلام فراخوان، ۱۰۰ نفر مراجعه کردند که از این تعداد، ۵۰ نفر که معیارهای لازم را دارا بودند، به روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. عدم وجود سابقه بیماری خاص، عدم استفاده از داروها، عدم فعالیت بدنی، $\geq 30\%$ شاخص توده بدن کیلوگرم بر مترمربع، دامنه سنی ۲۳-۲۵ سال، به‌عنوان معیار ورود در نظر گرفته شد. معیارهای خروج از پژوهش نیز رعایت نکردن توصیه‌های محققین و عدم حضور مرتب در تمرینات یا مصرف مواد دارویی در نظر گرفته شد که هیچ کدام از افراد به این دلیل حذف نشدند. تمامی افراد سالم بودند و طبق نظر پزشک عمومی منعی برای شرکت در فعالیت نداشتند. آزمودنی‌ها یک هفته قبل از شروع آزمون، آزمون برون‌گرا و درون‌گرا را برای آشنایی با نحوه اجرای آن، انجام دادند. آزمودنی‌ها بعد از آشنایی با نحوه انجام تمرینات و تکمیل فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق، قد، وزن و همچنین ترکیب بدن و درصد چربی بدن آن‌ها به‌وسیله دستگاه بیومپیدانس الکتریکی (مدل Olympia، 3/3)، ساخت کره‌جنوبی) اندازه‌گیری و حداکثر اکسیژن مصرفی آن‌ها از طریق آزمون بالک^{۱۱} بر روی تردمیل محاسبه و افراد از نظر توان هوازی همگن شدند [۲۳]. پس از غربالگری و انتخاب نمونه‌های پژوهش، شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی ساده در ۵ گروه شامل: برون‌گرا (۱۰=تعداد)، درون‌گرا (۱۰=تعداد)، برون‌گرا+مکمل (۱۰=تعداد)، درون‌گرا+مکمل (۱۰=تعداد) و کنترل (دارونما) (۱۰=تعداد) تقسیم شدند. فعالیت ورزشی این پژوهش شامل دو جلسه فعالیت برون‌گرا و درون‌گرا و آمانده‌ساز بر روی تردمیل بود.

آزمودنی‌های گروه‌های برون‌گرا+مکمل و درون‌گرا+مکمل، روزانه یک گرم کپسول زنجبیل (زینتوما) را در دُزهای ۲۵۰ میلی‌گرمی، ۲ وعده در روز (قبل از نهار و شام) به ۴ هفته دریافت کردند. کپسول‌های زنجبیل (زینتوما) از شرکت فراورده‌های دارویی گیاهی گل دارو با مجوز بهداشتی IRC.1228022777 از اداره کل نظارت بر مواد غذایی وزارت بهداشت و درمان آموزش پزشکی تهیه شد. گروه دارونما طی این ۴ هفته از کپسول حاوی نشاسته (دارونما) استفاده کردند. تمامی گروه‌های مکمل و دارونما طی این ۴ هفته مکمل‌گیری هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشتند و پس از پایان ۴ هفته مکمل‌گیری، آزمودنی‌ها فعالیت حاد تک جلسه‌ای درون‌گرا و برون‌گرا را انجام دادند. آزمودنی‌های پژوهش با استفاده از تردمیل (Cosmuse/hp، مدل Saturn، ساخت کشور آلمان) تمرین برون‌گرا و درون‌گرا را با استفاده از پروتکل استاندارد^{۱۲} طبق جدول شماره ۱ تا حد خستگی و واماندگی انجام می‌دادند [۲۳]. آزمودنی‌های گروه برون‌گرا پشت به صفحه تردمیل و آزمودنی‌های گروه درون‌گرا رو به صفحه تردمیل می‌دویدند. تمرین بین ساعت ۷:۳۰ تا ۹:۳۰ صبح انجام شد. ضربان قلب بیشینه^{۱۳} افراد در حالت استراحت و قبل از تمرین براساس معادله کارونن (سن $HR_{max} = 220 -$) محاسبه و در طول تمرین با استفاده از ضربان سنج (مدل پولار ساخت کشور فنلاند) که در ناحیه سینه آزمودنی‌ها نصب و بر روی صفحه نمایش دستگاه تردمیل مشاهده می‌شد، کنترل می‌شد. دارا بودن حداقل ۲ شرط از ۳ شرط توقف تمرین (اظهار ناتوانی فرد جهت ادامه فعالیت و نمره آزمون بالای ۱۶ از مقیاس درک فشار بورک و ضربان قلب بالاتر از HR_{max}) به منزله پایان تست آزمودنی تلقی می‌شد.

آزمودنی‌های هر ۲ گروه قبل از شروع تمرین به مدت ۵ دقیقه گرم می‌کردند. برای جلوگیری از تأثیر نوع غذای مصرفی بر نتایج تحقیق، تمام وعده‌های غذایی روز قبل از آزمون به‌صورت یکسان بین همه آزمودنی‌ها توزیع شد و همچنین جهت جلوگیری از تأثیر احساس سقوط افراد از روی تردمیل بر زمان و میزان خستگی ناشی از تمرین، از جلیقه محافظی که به تردمیل متصل و به بالاتنه آزمودنی وصل بود، استفاده می‌شد و با کوچکترین انحراف فرد از مسیر مستقیم، تردمیل را متوقف می‌کرد.

نمونه‌گیری خونی و تحلیل آن

خونگیری از آزمودنی‌ها طی ۲ مرحله و هر مرحله ۵ سیسی از ورید بازویی گرفته شد. مرحله اول آن پیش از انجام فعالیت بدنی و مرحله بعدی بلافاصله بعد از فعالیت بدنی انجام شد. نمونه‌های خونی در حالت ناشتا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تهیه شدند و بعد از جمع‌آوری در آزمایشگاه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. و تا انجام کار نمونه‌ها در دمای ۲۰- سانتی‌گراد قرار گرفتند. در این

12. Ellestad

13. Hearth Rate max(HRmax)

11. Balk

با استفاده از نسخه ۲۳ نرم افزار SPSS تمامی محاسبات تجزیه و تحلیل شدند و سطح معناداری آزمون‌ها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های آنترپومتریکی (پیکرسنجی)، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی ($VO_2 \max$)، میانگین زمان در ماندگی و ضربان قلب تمرین آزمودنی‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. نتایج آزمون آماری مربوط به آیریزین، انسولین، شاخص مقاومت انسولین و نیمرخ لیپیدی در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

باتوجه به نتایج آزمون آماری بر روی آیریزین، مشخص شد که میزان این هورمون بین ۲ نوع فعالیت برون‌گرا و درون‌گرا پس از ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل در گروه‌های مکمل و تمرین افزایش معناداری یافته است ($P=0/04$). نتایج نشان داد تغییرات گلوکز ($P=0/002$) و انسولین ($P=0/001$) بین همه گروه‌ها پس از ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل به ترتیب کاهش و افزایش معنادار یافته است. همچنین مشخص شد تغییرات شاخص مقاومت به انسولین پس از ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل بین همه گروه‌ها کاهش جزئی و غیر معنادار است ($P=0/08$). نتایج آزمون همبستگی سطوح آیریزین با متغیرهای تحقیق در ۲ نوع تمرین حاد برون‌گرا و درون‌گرا در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد بین سطوح آیریزین با انسولین و مقاومت به انسولین در تمرین درون‌گرا ارتباط مثبت معناداری وجود داشت ($P < 0/05$)، در حالی که در تمرین برون‌گرا بین سطوح آیریزین، گلوکز، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین ارتباط معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

پژوهش اندازه‌گیری سطوح آیریزین سرم به روش ساندویچ الایزا (با استفاده از کیت با برچسب CUSABIO ساخت کشور ژاپن)، سطح انسولین به روش الایزا (با استفاده از کیت مونوپایند ساخت کشور آمریکا) و سطح گلوکز سرم (به وسیله کیت شرکت پارس آزمون ساخت ایران) به روش گلوکز اکسیداز انجام شد. سطوح تری‌گلیسرید^{۱۴}، لیپوپروتئین با چگالی پایین^{۱۵}، لیپوپروتئین با چگالی بالا^{۱۶} و کلسترول تام^{۱۷} به روش آنزیماتیک و کیت شرکت پارس و دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی آزمون اندازه‌گیری شد. شاخص مقاومت به انسولین HOMA-IR نیز از طریق فرمول شماره ۱ به دست آمد [۲۴].

1.

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{گلوکز ناشتا (mmol/L)} \times \text{انسولین ناشتا (}\mu\text{IU/ml)}}{22/5}$$

روش آماری

از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین از آزمون شاپیرو-ویلک^{۱۸} برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها استفاده شد. از آزمون تی وابسته^{۱۹} برای مقایسه تغییرات متغیرها قبل و بعد از تمرین و همچنین از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای بررسی تغییرات بین تمرین‌ها و همچنین برای بررسی ارتباط بین متغیرها از آزمون همبستگی پیرسون^{۲۰} استفاده شد.

14. Tri Glyceride (TG)
15. Low Density Lipoprotein (LDL)
16. High Density Lipoprotein (HDL)
17. Total Cholesterol (Tcol)
18. Shapiro-Wilk Test
19. Paired sample t-test
20. Pearson correlation coefficient

جدول ۱. مشخصات پروتکل تمرینی الستد

مرحله	شیب (درصد)	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	مدت تمرین (دقیقه)
گرم کردن	۰	۱/۷	۵
اول	۱۰	۲/۷	۳
دوم	۱۰	۴/۸	۲
سوم	۱۰	۶/۴	۲
چهارم	۱۰	۸	۳
پنجم	۱۵	۹/۷	۲
ششم	۱۵	۱۱/۳	۲
هفتم	۱۵	۱۲/۸	۲
سرد کردن	۰	۲/۵	۵



جدول ۲. مشخصات آنتروپومتریکی، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین \pm انحراف معیار
سن (سال)	۲۴/۲ \pm ۸۶/۸۷
قد (سانتی‌متر)	۱۵۹/۴ \pm ۶۶/۲۰
وزن (کیلوگرم)	۸۷/۴ \pm ۴۲/۶۱
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۳/۲ \pm ۶۹/۶۴
درصد چربی بدن	۳۹/۳ \pm ۷۸/۱۱
نسبت دور کمر به باسن (متر)	۰/۹۳ \pm ۰/۰۲۹
VO ₂ MAX (میلی لیتر/کیلوگرم در دقیقه)	۶۶/۴۵ \pm ۲۷/۳
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۱۸۲/۶۳ \pm ۴/۶۵
برونگرا	۱۸۳/۳۰ \pm ۴/۶۴
درونگرا	۱۱/۵۹ \pm ۰/۷۱
زمان درماندگی تمرین (دقیقه)	۷/۴۸ \pm ۰/۶۹
برونگرا	



جذب چربی روده و کنترل اشتها تعدیل کند [۲۶]. درخصوص اثر تمرینات ورزشی بر شاخص‌های تن‌سنجی نیز برخی مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که انواع تمرینات هوازی و بی‌هوازی موجب کاهش محسوس در شاخص‌های تن‌سنجی می‌شود [۲۷].

آیریزین یک مایوکاین است که به‌وسیله فعالیت ورزشی حاد تحریک شده و هزینه انرژی را افزایش داده است. در نتیجه نقش مهمی در چاقی و اختلالات متابولیکی دارد و به‌عنوان یک هدف درمانی بالقوه در آینده می‌باشد [۱۱]. با این حال فیزیولوژی آن در انسان تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده است. نتایج این پژوهش نشان داد آیریزین و مقاومت به انسولین افراد بعد از هر ۲ نوع تمرین افزایش یافته است که بین ۲ نوع تمرین از نظر میزان آیریزین تفاوت معنا دار بوده، اما از نظر افزایش مقاومت به انسولین تفاوت معناداری وجود نداشته است. یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعات تسوجیا و همکاران [۹] و بوستروم و همکاران [۷] همسو و با و هکستدن و همکاران [۲۸] ناهمسو است. انقباضات عضله طی تمرین، یکی از دلایل افزایش ترشح آیریزین پس از تمرین در موش و انسان بیان شده است [۷]. تسوجیا و همکاران سطح سرمی آیریزین را بر روی تردمیل در ۲ شدت متفاوت ۴۰ و ۸۰ درصد VO₂max اندازه‌گیری و به این نتیجه رسیدند که پاسخ آیریزین سرم به تمرین پر شدت بیشتر است که در راستای نتایج تحقیق حاضر است.

نتایج آماری نشان داد سطوح تری‌گلیسرید، کلسترول تام و لیپوپروتئین با چگالی پایین بین همه گروه‌ها پس از ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل به ترتیب کاهش معناداری یافته است ($P=0/04$)، ($P=0/01$)، ($P=0/02$). علاوه بر این براساس نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه لیپوپروتئین با چگالی بالا در بین همه گروه‌ها پس از ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل افزایش غیر معناداری یافته است ($P=0/07$).

بحث

براساس نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه این تحقیق ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل به دنبال فعالیت حاد برون‌گرا و درون‌گرا در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما بر سطوح آیریزین سرم و انسولین افزایش معنادار و برگلوکز کاهش معنادار را نشان داد. همچنین ۴ هفته مصرف مکمل زنجبیل به دنبال فعالیت حاد برون‌گرا و درون‌گرا در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما در سطوح کلسترول تام، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با چگالی پایین در سطح معنا داری بود، اما در سطوح لیپوپروتئین با چگالی بالا معناداری نبود. از جمله سازوکارهای احتمالی مطرح شده در مورد تأثیر احتمالی زنجبیل بر شاخص‌های تن‌سنجی می‌توان به افزایش گرم‌زایی و مصرف انرژی از طریق آزادسازی کاتکولامین‌ها، تجزیه سلول‌های چربی در بافت چربی سفید و مهار آنزیم لیپاز لومن روده و در نتیجه کاهش چربی دریافتی اشاره کرد [۲۵، ۲۶]. زنجبیل می‌تواند چاقی را از طریق مکانیسم‌های مختلف بالقوه از جمله افزایش ترموزنز، افزایش لیپولیز، سرکوب لیپوزنز، مهار

جدول ۳. مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای تحقیق

شاخص	گروه	میانگین \pm انحراف معیار		P
		پیش آزمون	پس آزمون	
آیریزین (نانوگرم بر میلی لیتر)	مکمل+تمرین برونگرا	۹۱/۰۱ \pm ۲۵/۴۲	۸۰/۱۱ \pm ۳۹/۰۷	۰/۰۰۱
	مکمل+تمرین درونگرا	۲۹/۷۷ \pm ۱۴/۴۱	۱۴۰/۸۶ \pm ۴۴/۳۵	۰/۰۰۰۱
	دارونما+تمرین برونگرا	۶۶/۵۷ \pm ۲۵/۱۶	۷۹/۶۷ \pm ۵۰/۲۷	۰/۰۰۴
	دارونما+تمرین درونگرا	۶۴/۸۸ \pm ۲۸/۱۳	۱۰۵/۳۶ \pm ۰۴/۷۲	۰/۰۰۲
	کنترل	۲۵/۷۴ \pm ۲۱/۴۵	۳۲/۴۱ \pm ۲۵/۵۲	۰/۱
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	مکمل+تمرین برونگرا	۹۲/۱۱ \pm ۷۷/۶۳	۸۲/۵۲ \pm ۷۳/۶۶	۰/۰۰۵
	مکمل+تمرین درونگرا	۷۷/۱۰ \pm ۴۲/۷۱	۷۲/۱۱ \pm ۵۰/۲۵	۰/۰۰۰۱
	دارونما+تمرین برونگرا	۸۹/۳۱ \pm ۷۷/۴۸	۹۰/۸۸ \pm ۷۶/۳۱	۰/۰۱
	دارونما+تمرین درونگرا	۷۷/۸۸ \pm ۶۲/۷۱	۷۶/۷۶ \pm ۴۴/۳۳	۰/۰۰۲
	کنترل	۷۷/۱۳ \pm ۳۳/۸۳	۸۳/۹۷ \pm ۷۷/۲۰	۰/۸
انسولین (میکرو واحد بین المللی بر میلی لیتر)	مکمل+تمرین برونگرا	۹۹/۷۲ \pm ۲۵/۵	۸۰/۵ \pm ۱۵/۶۴	۰/۲
	مکمل+تمرین درونگرا	۲۷/۸ \pm ۵/۸۰	۱۴۰/۶ \pm ۵۳/۹۲	۰/۰۰۰۱
	دارونما+تمرین برونگرا	۲۵/۸ \pm ۵/۸۰	۵۳/۹۲ \pm ۵۰/۶	۰/۲
	دارونما+تمرین درونگرا	۶۲/۸۹ \pm ۲۸/۷	۱۰۵/۶ \pm ۱۰/۳۱	۰/۰۱
	کنترل	۹۵/۵۳ \pm ۱۶/۵	۷۱/۹۴ \pm ۱۵/۶	۰/۱
مقاومت به انسولین	مکمل+تمرین برونگرا	۱۲/۴۷ \pm ۳/۲	۳۰/۹۵ \pm ۴/۱	۰/۱
	مکمل+تمرین درونگرا	۴۲/۷۱ \pm ۳/۲	۱۵/۶۵ \pm ۵/۲	۰/۰۳
	دارونما+تمرین برونگرا	۱۴/۱۵ \pm ۲/۱	۵۷/۳۸ \pm ۲/۱	۰/۵
	دارونما+تمرین درونگرا	۳۴/۲۸ \pm ۳/۱	۶۳/۴۳ \pm ۳/۲	۰/۳
	کنترل	۳/۰ \pm ۰/۲۸	۷۳/۵۱ \pm ۳/۷	۰/۳
تری گلیسرید (میلی گرم/دلی)	مکمل+تمرین برونگرا	۱۸۸/۱۰ \pm ۲۰/۸۲	۱۷۹/۷۶ \pm ۳۰/۱	۰/۰۲
	مکمل+تمرین درونگرا	۱۸۹/۱۶ \pm ۲۰/۲۲	۱۷۲/۵۶ \pm ۳۰/۱۶	۰/۰۴
	دارونما+تمرین برونگرا	۱۸۹/۹۶ \pm ۰/۱۳	۱۷۶/۱۰۴ \pm ۳۳/۱۴	۰/۰۶
	دارونما+تمرین درونگرا	۱۸۸/۸۴ \pm ۵۱/۰۱	۱۸۰/۲۰ \pm ۴۱/۰۱	۰/۵
	کنترل	۱۸۸/۵۶ \pm ۵۱/۲۴	۱۸۸/۱۰۰ \pm ۱۱/۷۸	۰/۸
لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی گرم/دلی)	مکمل+تمرین برونگرا	۱۱۲/۱۲ \pm ۵۰/۲۲	۱۰۹/۸ \pm ۳۳/۸۳	۰/۰۰۴
	مکمل+تمرین درونگرا	۱۱۲/۱۱ \pm ۶۰/۰۲	۱۰۶/۹ \pm ۳۳/۸۳	۰/۰۰۵
	دارونما+تمرین برونگرا	۱۱۰/۲۲ \pm ۲۵/۴۲	۱۰۹/۲۰ \pm ۸۳/۹۷	۰/۰۸
	دارونما+تمرین درونگرا	۱۱۱/۱۲ \pm ۹۷/۸۴	۱۱۰/۱۱ \pm ۸۳/۴۵	۰/۵
	کنترل	۱۰۵/۱۵ \pm ۴۸/۹۶	۱۰۴/۲۰ \pm ۱۴/۳۳	۰/۵

شاخص	گروه	میانگین \pm انحراف معیار		P
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	
لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی‌گرم/دی)	مکمل+تمرین برونگرا	۹۹/۷۲ \pm ۴۳/۵	۴۵/۳ \pm ۱۲/۳۳	۰/۰۶
	مکمل+تمرین درونگرا	۳۴/۴ \pm ۲۳/۳۲	۴۵/۵۳ \pm ۱۲/۵۵	۰/۰۸
	دارونما+تمرین برونگرا	۸۴/۸۳ \pm ۴۵/۴	۴۲/۱۱ \pm ۳۶/۰۳	۰/۰۷
	دارونما+ تمرین درونگرا	۵۵/۰۹ \pm ۴۵/۱۱	۷۶/۲۱ \pm ۴۵/۱۳	۰/۰۹
	کنترل	۸۴/۸۳ \pm ۴۵/۶	۸۷/۴۱ \pm ۴۲/۲۱	۰/۰۸
کلسترول تام (میلی‌گرم/دی)	مکمل+تمرین برونگرا	۱۹۰/۳۶ \pm ۲۰/۲۲	۱۸۶/۳۳ \pm ۹۹/۶۱	۰/۰۴
	مکمل+تمرین درونگرا	۱۹۱/۱۲ \pm ۴۰/۲۲	۱۷۷/۳۵ \pm ۱۵/۰۱	۰/۰۲
	دارونما+تمرین برونگرا	۱۸۵/۵ \pm ۵۸/۰۶	۱۸۳/۱ \pm ۹۳/۱۴	۰/۰۷
	دارونما+ تمرین درونگرا	۱۸۶/۵ \pm ۴۳/۵۲	۱۸۳/۹۱ \pm ۲۲/۱۰	۰/۰۲
	کنترل	۱۸۵/۵ \pm ۵۸/۰۶	۱۸۵/۷ \pm ۱۹/۹۸	۰/۰۱



* سطح معناداری ($P \leq 0.05$) بود و برای بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون تی همبسته و برای مقایسه بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد.

این نتیجه رسیدند که تفاوتی بین گروه‌ها از نظر میزان آیریزین وجود ندارد که تخریب آیریزین ناشی از طولانی بودن دوره انجماد نمونه‌های سرم را به‌عنوان عامل اصلی اثرگذار بر نتیجه پژوهش خود بیان کرده است [۲۸].

نتایج پژوهش یل‌دشده ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر است. از علت ناهمسویی می‌توان نوع آزمودنی یا شدت تمرین بیان کرد. برخی پژوهشگران معتقدند که اوج تغییرات آیریزین یک ساعت پس از تمرین بوده که با گذشت زمان، مقادیر آن به سطح پایه برمی‌گردد [۹]. بر همین اساس در پژوهش حاضر مشابه مطالعات دیگر [۹، ۳۰] نمونه‌گیری خونی بلافاصله پس از تمرین حاد انجام شد که شاید یکی از دلایل توجیه‌کننده افزایش آیریزین در مطالعه حاضر باشد. از جمله دلایل عدم تغییر آیریزین را می‌توان

در مطالعه ای که اثر ۱ جلسه فعالیت حاد و ۸ هفته تمرین مزمن بر روی آیریزین ۱۵ مرد جوان سالم تمرین کرده بررسی می‌شد، مشخص شد که در راستای کاهش ATP عضلانی و افزایش سوخت‌وساز پس از فعالیت حاد، میزان آیریزین در گردش به‌صورت معناداری افزایش یافته بود، اما میزان آیریزین در پاسخ به ۸ هفته تمرین بدون تغییر بوده است. بنابراین با توجه به ارتباط بین غلظت آیریزین و تغییرات سوخت‌وساز عضلانی در پاسخ به تمرین حاد می‌توان چنین فرض کرد که بین آیریزین در گردش و ATP ارتباط وجود دارد و ممکن است یکی از دلایل تغییر نکردن آیریزین بعد از ۸ هفته، عدم تغییر در ATP عضلانی باشد [۱۸]. هکستن و همکاران با بررسی ۲۶ هفته تمرین ایروبیک با ۶۰ درصد ضربان قلب و تمرین استقامت عضلانی در افراد جوان به

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی آیریزین با دیگر متغیرهای تحقیق در ۲ نوع فعالیت حاد

متغیر	درون‌گرا	برون‌گرا
گلوکز	$r = 0.236$	$r = 0.214$
	$p = 0.224$	$p = 0.227$
انسولین	$r = 0.562$	$r = 0.177$
	$p = 0.010$	$p = 0.289$
مقاومت به انسولین	$r = 0.524$	$r = 0.235$
	$p = 0.020$	$p = 0.226$



* سطح معناداری $P < 0.05$

هوانلو^{۲۴} و همکاران در پژوهشی کاهش معنادار تری گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین و کلسترول تام و افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا را در موش‌های دیابتی، پس از ۵ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف چای سبز گزارش کردند [۳۴]. دلیل احتمالی همسویی یافته‌های دو پژوهش گفته شده با یافته‌های پژوهش کنونی، شدت تمرین یا مصرف مکمل بیان شد. یافته‌های پژوهش کنونی مبنی بر کاهش مقادیر تری گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین و کلسترول تام و افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا با نتایج الرخ^{۲۵} و همکاران همسو است [۳۶]. نوع از مودنی یا نوع و شدت تمرین را علت همسویی برای پژوهش‌ها یاد شده می‌توان بیان کرد.

مطالعات جی زو^{۲۶} و همکاران نشان داد اثر مفید زنجبیل (یعنی کاهش قند خون ناشتا) ممکن است در بیماران مبتلا به هایپرگلیسمی برجسته‌تر از بدون هایپرگلیسمی باشد [۳۷]. این یافته با مطالعات قبلی سازگار بود که نشان داد FBG به طور قابل توجهی کاهش یافته و عدم تحمل گلوکز پس از تجویز زنجبیل موش‌های صحرایی دیابتی به طور قابل توجهی بهبود یافته است [۳۸]. مکانیسم اساسی شامل مهار α -گلوکزیداز و α -آمیلاز است که آنزیم‌های کلیدی در هضم و جذب کربوهیدرات‌های پیچیده هستند [۳۹]. علاوه بر این، ۶-زنجبیل، یک جزء زنجبیل، فعالیت مهمی در تحریک متابولیسم گلوکز از طریق مسیر AS160-Rab5 با واسطه AMPK α 2 و از طریق تقویت تنظیم گلوکز واسطه انسولین نشان داد [۴۰].

۶-پارادول و ۶-شوگائول که ترکیبات تند زنجبیل هستند، تأثیرات یکسانی دارند [۴۱]. زنجبیل همچنین می‌تواند بیانگر انتقال دهنده گلوکز نوع ۴^{۲۷} [۳۵] را گلوکز نوع ۴ را افزایش دهد تا جذب گلوکز را در سلول‌های چربی و سلول‌های عضلانی اسکلتی تقویت کند [۴۲]. علاوه بر این، زنجبیل می‌تواند سطح انسولین ناشتا و HOMA-IR را کاهش دهد. حساسیت به انسولین را می‌توان با تنظیم تنظیم آدیپونکتین و گیرنده فعال کننده پرولیفراسیون پراکسیزوم (PPAR γ) [۳۶] و با تعامل سازنده زنجبیل با گیرنده HT3-5 افزایش داد [۴۲]. در عین حال ۶-زنجبیل که از زنجبیل استخراج می‌شود، می‌تواند از سلول‌های β پانکراس محافظت کند [۴۳]. کاهش HbA1c بیشتر نشان می‌دهد که زنجبیل دارای اثر طولانی مدت در کاهش قند خون است.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد مقاومت به انسولین پس از یک جلسه تمرین برون‌گرا و درون‌گرا افزایش جزئی پیدا کرده که با مطالعات فنبری نیکی و همکاران [۴۴] هم‌خوان است. از دلایل هم‌خوانی می‌توان نوع و شدت تمرین بیان کرد. همچنین تغییرات انسولین و گلوکز می‌تواند موجب تغییر در مقاومت

طولانی‌تر بودن دوره تمرینات دانست که منجر به سازگاری در افزایش آیریزین شده و احتمالاً شدت جلسات تمرینی جهت تحریک آیریزین ناکافی بوده است که با نتایج پژوهش حاضر متناقض می‌باشند. تفاوت کیت‌های تجاری در مطالعات مختلف را نیز می‌توان از جمله عوامل نتایج مغایر با تحقیق حاضر دانست [۳۱]. در برخی مطالعات نشان داده شده است که زنجبیل و مواد فعال موجود در آن به ویژه جینجرول می‌تواند موجب افزایش PGC-1 شود و از این نظر ممکن است بر سطوح آیریزین سرم مؤثر باشد [۳۱]. در ارتباط با اثر تمرینات ورزشی در یک مطالعه، ۸ هفته تمرینات تناوبی در زنان چاق، تغییر معناداری در آیریزین سرم ایجاد نکرد [۳۲].

فعالیت زنجبیل را می‌توان با تسریع در متابولیسم لیپیدها از طریق مدولاسیون در بیان آنزیم‌های مارکر [۳۲] و مهار آن از میزان بیان پروتئین رتینوئید اتصال دهنده mRNA(RBP) در کبد و چربی احشایی که مربوط به متابولیسم لیپید است، نسبت داد. ژن و شاخص مهمی از هایپرلیپیدمی [۳۲]. در همین حال، زنجبیل با تنظیم بیان پروتئین اتصال دهنده عنصر پاسخ کربوهیدرات (ChREBP)، تبدیل کربوهیدرات‌های اضافی به تری گلیسرید را مهار می‌کند [۳۳]. علاوه بر این، اثر زنجبیل بر کاهش کلسترول سرم ممکن است به دلیل اثر مهار بیوسنتز کلسترول و تبدیل کلسترول به اسیدهای صفراوی با افزایش فعالیت کلسترول کبدی آلفا-هیدروکسیلاز باشد [۳۲]. نیاسین، ماده مغذی موجود در زنجبیل [۳۲]، ممکن است یک ماده فعال بالقوه در کاهش سطح تری گلیسرید سرم، افزایش ترشح VLDL، افزایش جذب کبدی LDLc و مهار سنتز کلسترول باشد [۳۳]. این نتایج با یافته‌های پائولی، هوانلو^{۲۱} و همکاران همسو بود [۳۴، ۳۳].

بعضی تحقیقات نیز، از جمله المر^{۲۲} و همکاران نشان داد ۸ هفته اجرای تمرین تناوبی با شدت بالا، بر روی پروفایل لیپیدی مردان جوان سالم تأثیر معناداری ندارد [۳۵]. با وجود مطالعات بیان شده، المر گزارش کرد ۸ هفته اجرای تمرین تناوبی شدید با شدت ۸۰- درصد بیشینه اکسیژن مصرفی (۳ جلسه در هفته)، بر پروفایل لیپیدی ۱۲ مرد جوان سالم تأثیر معناداری نداشت. وی شدت و مدت تمرینات را بر این شاخص‌ها اثر گذار دانست [۳۵]. دلیل ناهمسوئی یافته‌های پژوهش فوق با یافته‌های پژوهش کنونی، پروتکل تمرینی و نوع آزمودنی بیان شد. پائولی^{۲۳} و همکاران کاهش معنادار تری گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین و کلسترول تام و افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا را پس از ۱۲ هفته اجرای HIT با شدت ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره، گزارش کرده‌اند [۳۴].

24. Hovanloo
25. ElRokh
26. Jie Zhu
27. (GLUT4)

21. Paoli, Hovanloo
22. Elmer
23. Paoli

عدم ارزیابی بیان ژن FNDC5 و PGC-1 α ، یکسان نبودن مدت زمان و هزینه انرژی تمرین برای همه آزمودنی‌ها و همچنین تفاوت افراد در پاسخ به خستگی و التهاب ناشی از تمرین و تأثیر احتمالی آن‌ها بر ترشح آیریزین، به‌عنوان محدودیت‌های موجود در پژوهش حاضر می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد مصرف مکمل زنجبیل به همراه دو نوع فعالیت برون‌گرا و درون‌گرا می‌تواند تا حدودی برای کاهش گلوکز و تغییرات مطلوب در آیریزین، مقاومت به انسولین و نیمرخ‌های لیپیدی در زنان چاق مؤثر باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

کلیه شیوه‌های انجام‌شده در مطالعه در مورد شرکت‌کنندگان انسانی مطابق با معیارهای کمیته اخلاق همرا با کد اخلاق IR.MEDILAM.REC.1395.192 است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه لرستان است.

مشارکت‌نویسندگان

مفهوم‌سازی، نگارش متن و بازبینی: اسما سلیمانی، محمد فتاحی؛ روش پژوهش، نمونه‌گیری و تحلیل داده‌ها: اسما سلیمانی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

حساسیت انسولینی بدن شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که تمرین برون‌گرا و درون‌گرا تأثیری را بر بیان پروتئین گلوکز نوع ۴ نگذاشته است و از طرفی چون باعث افزایش در انسولین و گلوکز سرم بعد از هر ۲ نوع تمرین شد، بنابراین این تغییرات، افزایش مقاومت به انسولین را به همراه خواهد داشت. در تحقیق فیلیپ و همکاران مشخص شد که بعد از یک دوره ۱ ساعته تمرین درون‌گرا و یک دوره تمرین ۱ ساعته بدون آسیب برون‌گرا با شدت $55\%VO_2max$ ، تغییرات گلوکز بهبود می‌یابد (۱ و ۲ ساعت بعد از تمرین درون‌گرا و ۱ ساعت بعد از تمرین برون‌گرا) که با یافته‌های پژوهش ما ناهمسو است [۴۵]. از جمله دلایل احتمالی تفاوت نتایج در پژوهش حاضر می‌توان به آثار احتمالی خستگی و آسیب ناشی از تمرین شدید درون‌گرا و برون‌گرا بر مکانیسم گلوکز و شاخص مقاومت به انسولین و همچنین کوتاه بودن دوره انجام فعالیت و شدت بالای تمرینات در تحقیق حاضر، به‌عنوان عوامل مؤثر بر عدم تأثیر در بهبود مقاومت به انسولین نام برد.

ترشح آیریزین در خون به‌وسیله افزایش در بیان ژن پروتئین UCP1، باعث بهبود مقاومت به انسولین و در نهایت منجر به قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید می‌شود. PGC1- α ترشح آیریزین را افزایش می‌دهد و در بیوسنتز میتوکندریایی شرکت می‌کند و متابولیسم اکسیداتیو را بهبود می‌بخشد [۷]. میتوکندری نقش مهمی را در مقاومت به انسولین ایفا می‌کند و کاهش در بیان یا عملکرد PGC1- α باعث ایجاد مقاومت به انسولین و دیابت می‌شود [۴۶].

براساس یافته‌های این پژوهش در تمرین برون‌گرا بین آیریزین سرم و شاخص مقاومت به انسولین ارتباط معناداری مشاهده نشد. شاید یکی از دلایل معنادار نبودن ارتباط را بتوان به تعداد کم نمونه‌های این مطالعه نسبت داد. ممکن است ناشتا بودن آزمودنی‌ها در هر دو مرحله از خون‌گیری و همچنین مدت کوتاه و شدت بالای تمرین دلیلی بر عدم بهبود مقادیر گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین باشد. تیمونز و همکاران در سال ۲۰۱۲، بهبود شاخص مقاومت انسولینی در اثر تمرین را تأیید و ارتباط بین آیریزین و مقاومت انسولین را رد کردند. بوستروم در جواب به تیمونز توضیح داد که روش سنجش متفاوت تیمونز را می‌توان دلیلی برای وجود این اختلاف در پژوهش دانست [۴۷].

همچنین در پژوهش حاضر مشخص شد بین سطوح سرمی آیریزین و شاخص مقاومت به انسولین در زنان چاق در تمرین درون‌گرا ارتباط مستقیم معناداری وجود دارد که علت این ارتباط را شاید بتوان به افزایش انسولین و نقش آیریزین در حفظ سیگنال انسولین دانست. با در نظر گرفتن تأثیر عواملی از قبیل شدت و مدت تمرین و همچنین تأثیر احتمالی نوع انقباضات عضلانی حین تمرین، افزایش آیریزین در پژوهش حاضر قابل توجه است که ممکن است هر کدام از این عوامل و شاید ناشتا بودن آزمودنی‌ها در هر ۲ مرحله از خون‌گیری باعث عدم بهبود مقاومت به انسولین در افراد چاق شده باشد.

References

- [1] Zou C, Shao J. Role of adipocytokines in obesity-associated insulin resistance. *J Nutr Biochem*. 2008; 19(5):277-86. [DOI:10.1016/j.jnutbio.2007.06.006] [PMID]
- [2] Batsis JA, Nieto-Martinez RE, Lopez-Jimenez F. Metabolic syndrome: From global epidemiology to individualized medicine. *Clin Pharmacol Ther*. 2007; 82(5):509-24. [DOI:10.1038/sj.cpt.6100355] [PMID]
- [3] World Health Organization (WHO). Obesity and overweight. Geneva: World Health Organization; 2016. [Link]
- [4] Patel S, Hoehn K, Lawrence R, Sawbridge L, Talbot N, Tomsig J, et al. Overexpression of the adiponectin receptor AdipoR1 in rat skeletal muscle amplifies local insulin sensitivity. *Endocrinology*. 2012; 153(11):5231-46. [DOI:10.1210/en.2012-1368] [PMID] [PMCID]
- [5] Pedersen BK. A muscular twist on the fate of fat. *N Engl J Med*. 2012; 366(16):1544-5. [DOI:10.1056/NEJMcibr1201024] [PMID]
- [6] Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol*. 2012; 8(8):457-65. [DOI:10.1038/nrendo.2012.49] [PMID]
- [7] Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012; 481(7382):463-8. [DOI:10.1038/nature10777] [PMID] [PMCID]
- [8] Arias-Loste MT, Ranchal I, Romero-Gómez M, Crespo J. Irisin, a link among fatty liver disease, physical inactivity and insulin resistance. *Int J Mol Sci*. 2014; 15(12):23163-78. [DOI:10.3390/ijms151223163] [PMID] [PMCID]
- [9] Wu J, Ruas JL, Estall JL, Rasbach KA, Choi JH, Ye L, et al. The unfolded protein response mediates adaptation to exercise in skeletal muscle through a PGC-1 α /ATF6 α complex. *Cell Metab*. 2011; 13(2):160-9. [DOI:10.1016/j.cmet.2011.01.003] [PMID] [PMCID]
- [10] Moreno-Navarrete JM, Ortega F, Serrano M, Guerra E, Pardo G, Tinahones F, et al. Irisin is expressed and produced by human muscle and adipose tissue in association with obesity and insulin resistance. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013; 98(4):E769-78. [DOI:10.1210/jc.2012-2749] [PMID]
- [11] Zeppetzauer M, Drexel H, Vonbank A, Rein P, Aczel S, Saely CH. Eccentric endurance exercise economically improves metabolic and inflammatory risk factors. *Eur J Prev Cardiol*. 2013; 20(4):577-84. [DOI:10.1177/2047487312444236] [PMID]
- [12] Paschalis V, Nikolaidis MG, Theodorou AA, Panayiotou G, Fatouros IG, Koutedakis Y, et al. A weekly bout of eccentric exercise is sufficient to induce health-promoting effects. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43(1):64-73. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181e91d90] [PMID]
- [13] Wojtaszewski JF, Nielsen JN, Richter EA. Invited review: Effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans. *J Appl Physiol*. 2002; 93(1):384-92. [DOI:10.1152/jappphysiol.00043.2002] [PMID]
- [14] Kirwan J, Del Aguila L. Insulin signalling, exercise and cellular integrity. *Biochem Soc Trans*. 2003; 31(Pt 6):1281-5. [DOI:10.1042/bst0311281] [PMID]
- [15] Wang J, Ke W, Bao R, Hu X, Chen F. Beneficial effects of ginger *Zingiber officinale roscoe* on obesity and metabolic syndrome: A review. *Ann N Y Acad Sci*. 2017; 1398(1):83-98. [DOI:10.1111/nyas.13375] [PMID]
- [16] Zaer Ghodsi N, Zolfaghari MR, Fattah A. The impact of high intensity interval training on lipid profile, inflammatory markers and anthropometric parameters in inactive women. *Med Lab J*. 2016; 10(1):56-60. [DOI:10.18869/acadpub.mlj.10.1.56]
- [17] Löffler D, Müller U, Scheuermann K, Friebe D, Gesing J, Bielitz J, et al. Serum irisin levels are regulated by acute strenuous exercise. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015; 100(4):1289-99. [DOI:10.1210/jc.2014-2932] [PMID]
- [18] Tsuchiya Y, Ando D, Goto K, Kiuchi M, Yamakita M, Koyama K. High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *Tohoku J Exp Med*. 2014; 233(2):135-40. [DOI:10.1620/tjem.233.135] [PMID]
- [19] Daskalopoulou SS, Cooke AB, Gomez YH, Mutter AF, Filippaios A, Mesfum ET, et al. Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *Eur J Endocrinol*. 2014; 171(3):343-52. [DOI:10.1530/EJE-14-0204] [PMID]
- [20] Verma SK, Singh M, Jain P, Bordia A. Protective effect of ginger, *zingiber officinale Rosc* on experimental atherosclerosis in rabbits. *Indian J Exp Biol*. 2004; 42(7):736-8. [PMID]
- [21] Shirdel Z, Mirbalad Zade R, Madani H. [Effect of anti diabetic and anti lipidemic of ginger in diabetic rats for aloxan mono hydrate and compare with glibenclamide (Persian)]. *Iran J Diabetes Metab*. 2009; 9(1):7-15. [Link]
- [22] Pollock ML, Foster C, Schmidt D, Hellman C, Linnerud AC, Ward A. Comparative analysis of physiologic responses to three different maximal graded exercise test protocols in healthy women. *Am Heart J*. 1982; 103(3):363-73. [DOI:10.1016/0002-8703(82)90275-7] [PMID]
- [23] Ellestad MH, Allen W, Wan MC, Kemp GL. Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation*. 1969; 39(4):517-22. [DOI:10.1161/01.CIR.39.4.517] [PMID]
- [24] Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: Insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985; 28(7):412-9. [DOI:10.1007/BF00280883] [PMID]
- [25] Ahn EK, Oh JS. Inhibitory effect of galanolactone isolated from *Zingiber officinale roscoe* extract on adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J Korean Soc Appl Biol Chem*. 2012; 55:63-8. [DOI:10.1007/s13765-012-0011-6]
- [26] Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113(10):2531-40. [DOI:10.1007/s00421-013-2689-5] [PMID]
- [27] Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, et al. FNDC5 and irisin in humans: I. predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism*. 2012; 61(12):1725-38. [DOI:10.1016/j.metabol.2012.09.002] [PMID] [PMCID]
- [28] Hecksteden A, Wegmann M, Steffen A, Kraushaar J, Morsch A, Ruppenthal S, et al. Irisin and exercise training in humans-results from a randomized controlled training trial. *BMC Med*. 2013; 11:235. [DOI:10.1186/1741-7015-11-235] [PMID] [PMCID]

- [29] Shoukry A, Shalaby SM, El-Arabi Bdeer S, Mahmoud AA, Mousa MM, Khalifa A. Circulating serum irisin levels in obesity and type 2 diabetes mellitus. *IUBMB Life*. 2016; 68(7):544-56. [DOI:10.1002/iub.1511] [PMID]
- [30] Brahma Naidu P, Uddand Rao VV, Ravindar Naik R, Suresh P, Meriga B, Begum MS, et al. Ameliorative potential of gingerol: Promising modulation of inflammatory factors and lipid marker enzymes expressions in HFD induced obesity in rats. *Mol Cell Endocrinol*. 2016; 419:139-47. [DOI:10.1016/j.mce.2015.10.007] [PMID]
- [31] Gao H, Guan T, Li C, Zuo G, Yamahara J, Wang J, et al. Treatment with ginger ameliorates fructose-induced fatty liver and hypertriglyceridemia in rats: Modulation of the hepatic carbohydrate response element-binding protein-mediated pathway. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012; 2012:570948. [DOI:10.1155/2012/570948] [PMID] [PMCID]
- [32] Zhu J, Chen H, Song Z, Wang X, Sun Z. Effects of ginger (*Zingiber officinale roscoe*) on type 2 diabetes mellitus and components of the metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2018; 2018:5692962. [DOI:10.1155/2018/5692962] [PMID] [PMCID]
- [33] Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids Health Dis*. 2013; 12:131. [DOI:10.1186/1476-511X-12-131] [PMID] [PMCID]
- [34] Hovanloo F, Shahvali Koohshoori Y, Teimoorian M, Saadati M, Falah Huseini H. The effect of aerobic training combined and green tea (*camellia sinensis* L.) extract consumption on blood glucose and lipid profile in streptozotocin induced diabetic rats. *J Med Plants*. 2014; 13(51):84-92. [Link]
- [35] Elmer D. Effect of 8 weeks of high-intensity interval training versus traditional endurance training on the blood lipid profile in humans [PhD thesis]. Auburn: AUBURN University; 2013. [Link]
- [36] ElRokh el-SM, Yassin NA, El-Shenawy SM, Ibrahim BM. Antihypercholesterolaemic effect of ginger rhizome (*Zingiber officinale*) in rats. *Inflammopharmacology*. 2010; 18(6):309-15. [DOI:10.1007/s10787-010-0053-5] [PMID]
- [37] Lee JO, Kim N, Lee HJ, Moon JW, Lee SK, Kim SJ, et al. [6]-gingerol affects glucose metabolism by dual regulation via the AMPK α 2-mediated AS160-Rab5 pathway and AMPK-mediated insulin sensitizing effects. *J Cell Biochem*. 2015; 116(7):1401-10. [DOI:10.1002/jcb.25100] [PMID]
- [38] Madkor HR, Mansour SW, Ramadan G. Modulatory effects of garlic, ginger, turmeric and their mixture on hyperglycaemia, dyslipidaemia and oxidative stress in streptozotocin-nicotinamide diabetic rats. *Br J Nutr*. 2011; 105(8):1210-7. [DOI:10.1017/S0007114510004927] [PMID]
- [39] Priya Rani M, Padmakumari KP, Sankarikutty B, Lijo Cherian OL, Nisha VM, Raghu KG. Inhibitory potential of ginger extracts against enzymes linked to type 2 diabetes, inflammation and induced oxidative stress. *Int J Food Sci Nutr*. 2011; 62(2):106-10. [DOI:10.3109/09637486.2010.515565] [PMID]
- [40] Wei CK, Tsai YH, Korinek M, Hung PH, El-Shazly M, Cheng YB, et al. 6-Paradol and 6-Shogaol, the pungent compounds of ginger, promote glucose utilization in adipocytes and myotubes, and 6-Paradol reduces blood glucose in high-fat diet-fed mice. *Int J Mol Sci*. 2017; 18(1):168. [DOI:10.3390/ijms18010168] [PMID] [PMCID]
- [41] Rani MP, Krishna MS, Padmakumari KP, Raghu KG, Sundaresan A. *Zingiber officinale* extract exhibits antidiabetic potential via modulating glucose uptake, protein glycation and inhibiting adipocyte differentiation: An in vitro study. *J Sci Food Agric*. 2012; 92(9):1948-55. [DOI:10.1002/jsfa.5567] [PMID]
- [42] Li Y, Tran VH, Duke CC, Roufogalis BD. Gingerols of *Zingiber officinale* enhance glucose uptake by increasing cell surface GLUT4 in cultured L6 myotubes. *Planta Med*. 2012; 78(14):1549-55. [DOI:10.1055/s-0032-1315041] [PMID]
- [43] Ghanbari-Niaki A, Saghebjo M, Soltani R, Kirwan JP. Plasma visfatin is increased after high-intensity exercise. *Ann Nutr Metab*. 2010; 57(1):3-8. [DOI:10.1159/000313936] [PMID]
- [44] Philippe M, Krüsmann PJ, Mersa L, Eder EM, Gatterer H, Melmer A, et al. Acute effects of concentric and eccentric exercise on glucose metabolism and interleukin-6 concentration in healthy males. *Biol Sport*. 2016; 33(2):153-8. [DOI:10.5604/20831862.1198634] [PMID] [PMCID]
- [45] Patti ME, Butte AJ, Crunkhorn S, Cusi K, Berria R, Kashyap S, et al. Coordinated reduction of genes of oxidative metabolism in humans with insulin resistance and diabetes: Potential role of PGC1 and NRF1. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003; 100(14):8466-71. [DOI:10.1073/pnas.1032913100] [PMID] [PMCID]
- [46] Timmons JA, Baar K, Davidsen PK, Atherton PJ. Is irisin a human exercise gene? *Nature*. 2012; 488(7413):E9-10; discussion E10-1. [DOI:10.1038/nature11364] [PMID]
- [47] Yang Z, Chen X, Chen Y, Zhao Q. Decreased irisin secretion contributes to muscle insulin resistance in high-fat diet mice. *Int J Clin Exp Pathol*. 2015; 8(6):6490-7. [PMID] [PMCID]