



Comparison of Two Methods of Tapering After Four Weeks of Glycogen Depletion on Cortisol and CRP in Healthy Male Inactive

Ali Ghasemi¹ , Mehdi rasouli² 

1. Corresponding author, Department of Sports Physiology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Qom, Qom, Iran.
2. Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Qom, Qom, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 28 Jan 2024
Received in revised form
08 March 2024
Accepted 17 March 2024
Available online 30
March 2024

Keywords:

*Tapering, Glycogen Depletion,
Cortisol, CRP, Healthy Male
Inactive*

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to compare the two methods of reduce exercise volume after four weeks of glycogen depletion training on cortisol stress factor and CRP in male healthy Inactive.

Methods: 30 healthy inactive male undergraduate students from Qom University were purposefully selected and randomly assigned to three groups: 50% reduction in exercise volume, 75% reduction in exercise volume, and control. After four weeks of glycogen depletion training, including running back and forth for 2.5 hours, two sessions per week, one week of training adjustment was performed. Blood sample was taken in three stages, before starting the exercises, before and after adjusting the exercises. To investigate intra-group difference, repeated measurements test was used, and to investigate inter-group differences, numerical difference of pre-test-post-test and post-test-follow-up values and MANOVA statistical method were used at the significance level ($\alpha=0.05$).

Results: The results of MANOVA between groups did not show significant differences in the two stages for the amounts of cortisol and C-reactive protein. But within subjects results were significant in 50% and 75% of cortisol at three time stages ($P=0.02$, $P=0.03$). Bonferroni post hoc test results showed a significant difference only between pre-test and follow-up in both groups ($P=0.01$, $P=0.02$).

Conclusion: In conclusion, seems that one week of reduce exercise volume after four weeks of glycogen depletion training cannot affect the levels of cortisol and CRP in male healthy Inactive.

Cite this article: Ghasemi, A; Rasouli, M; Comparison of Two Methods of Tapering After Four Weeks of Glycogen Depletion on Cortisol and CRP in Healthy Male Inactive. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 2024;1(4):46-59. [10.22091/arsnes.2025.12545.1023](https://doi.org/10.22091/arsnes.2025.12545.1023)



© The Author(s).

Publisher: University of Qom.

DOI: [10.22091/arsnes.2025.12545.1023](https://doi.org/10.22091/arsnes.2025.12545.1023)



Extended Abstract

Introduction

Physical exercise, when combined with other stressors such as nutritional, environmental, or psychological factors, may lead to overtraining syndrome in athletes, characterized by chronic fatigue, inadequate recovery, and immune system suppression. Glycogen depletion training, also known as exhaustive endurance training, involves prolonged, high-volume aerobic exercise that induces significant physiological changes, including alterations in hormonal, inflammatory, and stress-related markers such as cortisol and C-reactive protein (CRP). While moderate physical activity has been shown to reduce CRP levels, intense and prolonged exercise can elevate cortisol, a catabolic hormone associated with immune suppression. Tapering, the gradual reduction of training volume before competition, is a strategy used to optimize performance by reducing physiological and psychological stress. However, the effects of different tapering methods following glycogen depletion training on cortisol and CRP in inactive individuals remain unclear. This study aimed to compare the effects of two tapering methods (50% and 75% reduction in training volume) after four weeks of glycogen depletion training on cortisol and CRP levels in healthy inactive men.

Methods

Thirty healthy inactive male students from Qom University were purposefully selected and randomly assigned to three groups: a 50% tapering group (n=11), a 75% tapering group (n=11), and a control group (n=8). All participants underwent four weeks of glycogen depletion training, consisting of intermittent shuttle running (2.5 hours per session, twice weekly). Following this, the

experimental groups performed one week of tapering (either 50% or 75% reduction in training volume), while the control group remained inactive. Blood samples were collected at three time points: before training (baseline), after four weeks of glycogen depletion (post-test), and after one week of tapering (follow-up). Serum cortisol was measured using chemiluminescence immunoassay (CLIA), and CRP was assessed via nephelometry. Statistical analysis included repeated measures ANOVA for within-group comparisons and MANOVA for between-group differences, with significance set at $p < 0.05$.

Results

No significant between-group differences were observed in cortisol or CRP levels at any measurement point ($p > 0.05$). However, within-group analysis revealed significant changes in cortisol levels for both tapering groups (50%: $p = 0.03$; 75%: $p = 0.02$). Post-hoc Bonferroni tests indicated significant differences only between baseline and follow-up in both experimental groups ($p = 0.01$ and $p = 0.03$, respectively). No significant within-group changes were found for CRP in any group ($p > 0.05$). Anthropometric and demographic characteristics were homogeneous across groups at baseline, ensuring comparability.

Discussion

The findings suggest that one week of tapering (either 50% or 75% volume reduction) after glycogen depletion training did not significantly alter cortisol or CRP levels compared to the control group. The lack of between-group differences contrasts with some previous studies reporting cortisol reductions following longer tapering periods (e.g., two weeks). The observed within-group cortisol changes may reflect partial recovery,



but the short tapering duration may have been insufficient to induce significant physiological adaptations. CRP, an acute-phase inflammatory marker, remained unchanged, possibly due to the delayed post-exercise blood sampling (48 hours after tapering), missing peak inflammatory responses. Previous research has shown mixed results regarding exercise-induced CRP modulation, with some studies reporting reductions after aerobic training and others finding no effect. The absence of CRP changes in this study may also stem from the inactive participants' untrained status, differing from athletes who exhibit more pronounced inflammatory responses.

Conclusion

A one-week tapering period following four weeks of glycogen depletion training did not significantly affect cortisol or CRP levels in healthy inactive men. While minor within-

group cortisol reductions were noted, the lack of between-group differences suggests that longer tapering durations may be necessary to elicit meaningful physiological changes. Future research should explore extended tapering periods and incorporate real-time inflammatory marker assessments to better understand recovery dynamics in inactive populations.

Acknowledgments

The authors thank all participants and collaborators for their contributions to this study.

Ethical Considerations

This study was approved by the Ethics Committee of Qom University (IR.QOM.REC.1398.008). Participants provided informed consent and could withdraw at any time.

۴۹



مقدمه

اگر ورزش به تنهایی و یا در ترکیبی با سایر عوامل استرس زا (فیزیکی، تغذیه‌ای، محیطی و یا روانی) باشد، ورزشکار ممکن است در سازگار شدن با تمرین با شکست روبرو شده و یا به مرحله بیش‌تمرینی^۱ برسد (۱). اگر این استراحت ناکافی در دوره پرتمرینی نیز ادامه یابد، پس از آن یک حالت خستگی مزمن، عدم ریکاوری و در برخی موارد سرکوب سیستم ایمنی برای ورزشکار رخ می‌دهد که این حالت به‌عنوان سندروم بیش‌تمرینی شناخته می‌شود (۲). تمرینات تخلیه گلیکوژنی یا تمرینات وامانده ساز استقامتی، تمرینات بلند مدت و خسته کننده ای با حجم بالا هستند که به صورت هوازی انجام می‌گیرند، از جمله تغییراتی که در حین و پس از تمرینات تخلیه گلیکوژنی رخ می‌دهد تغییر در مقادیر هورمونی، عوامل رشدی، التهابی و همچنین استرسی می‌باشد. از جمله این تغییرات در مقادیر عوامل استرسی مانند کورتیزول و عامل التهابی همچون پروتئین واکنشی-سی^۲ (CRP) می‌توان اشاره کرد (۳). فعالیت های بدنی متوسط سطوح CRP را کاهش می‌دهد. پور وقار (۲۰۱۳) به بررسی دو ماه تمرینات هوازی همراه با کاهش وزن بر کاهش سطح CRP زنان سالم پرداختند آن ها نشان دادند، فعالیت ورزشی هوازی منجر به کاهش سطوح CRP می‌شود لذا فعالیت بدنی می‌تواند، موجب کاهش نشانگرهای التهابی شود (۴). با این حال برخی مطالعات نیز تغییری را در نشانگرهای التهابی به دنبال ورزش های مختلف گزارش نکرده اند (۵). Plaisance (۲۰۰۶) نشان داد فعالیت بدنی و آمادگی قلبی تنفسی، ارتباط معکوس با سطح CRP دارد (۶). Stewart و همکاران (۲۰۰۷) اثر ۱۲ هفته برنامه ترکیبی (هوازی/ مقاومتی) بر سایتوکاین های التهابی و CRP را در ۲۹ مرد جوان (۱۸ تا ۳۵ سال) مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که میزان CRP با تمرین کاهش داشت (۷). همچنین هورمون های استرس زا مانند کورتیزول از عوامل سرکوب ایمنی و کاهش مقاومت در برابر عفونت در ورزشکاران پس از فعالیت های بدنی شدید و طولانی مدت به شمار می‌روند. از طرفی پژوهشگران معتقدند تعادل بین هورمون های آنابولیک و کاتابولیک اثر مهمی در فرآیند بازگشت به حالت اولیه پس از جلسات تمرینی شدید دارد (۸). دوره تیپر طولانی دو هفته ای با کاهش حجم تمرین باعث کاهش سطح کورتیزول در مردان شد (۹). با این حال، در بررسی Zehsaz و دیگران (۲۰۱۱) بر روی دوچرخه سواران تمرین کرده، دوره تیپرینگ یک و سه هفته ای میزان تستوسترون را در گروه تیپر به طور معنی داری افزایش داد، همچنین در طول دوره، نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه تیپر به طور معنی داری بالاتر بود (۱۰). به هر حال ورزشکاران برای بهینه کردن اجرای رقابتی معمولاً قبل از رقابت بار تمرینی را کاهش می‌دهند اصطلاحی که تیپر نامیده می‌شود و نشان داده شده است که بازگشت به حالت اولیه مطلوب قبل از یک رقابت مهم با کاهش حجم تمرین صورت می‌گیرد و کاهش غیرخطی در بار تمرینی در طی یک دوره متغیر زمانی جهت تلاش در کاهش استرس های فیزیولوژیکی و روانی تمرین روزانه و بهینه کردن عملکرد ورزشی می‌باشد (۹، ۱۰). برنامه تیپر که شامل تمرین با شدت بالا و حجم پایین است، می‌تواند مقدار گلیکوژن عضله، قدرت عضلانی، توان عضلانی، حداکثر اکسیژن مصرفی، استقامت عضلانی و درکل عملکرد سیستم ایمنی و آنابولیکی را توسعه دهد. کاهش حجم تمرین یا تیپر، دارای سودمندی های فیزیولوژیکی و روانی مفید می‌باشد که اجرا یا عملکرد را در حدود ۲ تا ۸ درصد بهبود می‌بخشد و بازیافت سریع تر گلیکوژن عضلانی از نظر تئوری باعث بهبود ظرفیت عملکردی می‌شود، همچنین بازسازی سریع گلیکوژن مهمترین اصل بازیافت است. بنابراین بازیافت سریع تر باعث موفقیت ورزشکار در مسابقات و پیشرفت در تمرین برای عملکرد بهتر می‌شود، و از آنجایی که بین تسریع سنتز گلیکوژن عضلانی و خستگی و همچنین بازسازی گلیکوژن و عملکرد ورزشی رابطه مستقیم وجود دارد (۱۱). لذا زمان بازیافت یکی از مهم ترین عوامل پیشرفت تمرین و عملکرد موفق در نوبت بعدی تمرین و یا مسابقه است. همچنین در ورزشکاران تمرین در حد واماندگی باعث تخلیه گلیکوژن عضلات می‌شود و با توجه به تعدد جلسات تمرینی زمان کافی برای داشتن یک رژیم با کربوهیدرات بالا وجود ندارد (۱۲). در همین راستا در تحقیقی تأثیر تیپر پس از تمرین شدید و متوسط بر تخلیه گلیکوژن عضلات، برای تعیین افزایش میزان بازسازی سریع تر گلیکوژن عضله مورد بررسی قرار گرفته، و نشان داده شد تیپر منجر به افزایش میزان بازسازی گلیکوژن عضله می‌شود (۱۳). از طرفی با توجه به اینکه تأثیر تیپر پس از دوره های تمرینی بلند مدت که همراه با تمرینات وامانده ساز که منجر به تخلیه گلیکوژنی به ویژه در افراد غیرورزشکار می‌شود توسط محققین یافت نشد لذا هدف تحقیق حاضر، تعیین اثر یک دوره تیپر یک هفته ای با کاهش ۵۰ و ۷۵ درصد حجم تمرین پس از چهار هفته تمرین تخلیه گلیکوژنی بر میزان کورتیزول و CRP در مردان سالم غیر فعال می‌باشد.

1 - Overtraining

2 - C-Reactive Protein (CRP)

3 - Tapper



روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با استفاده از طرح پیش آزمون و پس آزمون همراه با گروه کنترل بود و دارای کد اخلاق به شماره **IR.QOM.REC.1398.008** بود. جامعه آماری این تحقیق شامل دانشجویان پسر سالم غیر فعال کارشناسی دانشگاه قم که واحد تربیت بدنی را در نیم سال اول تحصیلی ۹۷-۱۳۹۸ اخذ کرده بودند، تشکیل می داد. طبق فراخوان اولیه و به صورت هدفمند با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه میزان فعالیت بدنی (پرسشنامه بک) دانشجویانی که با توجه به امتیازات پرسشنامه وضعیت پزشکی، رضایت نامه کتبی و پرسشنامه آمادگی برای شروع فعالیت بودند انتخاب شده و سپس آزمودنی ها از نظر عدم بیماری های قلبی - عروقی، دیابت و مشکلات تنفسی و سابقه مصرف دارو یا مکمل در بازه کمتر از شش ماه اخیر داشتند کنترل شدند. در نهایت تعداد ۳۰ نفر به عنوان آزمودنی که شرایط فوق را دارا بودند انتخاب و بصورت تصادفی در سه گروه شامل گروه اول: چهار هفته تمرین تخلیه گلیکوژنی متعاقب آن یک هفته تمرین - تیپر ۵۰ درصد کاهش حجم تمرین (۱۱ نفره)، گروه دو: چهار هفته تمرین تخلیه گلیکوژنی متعاقب آن یک هفته تمرین - تیپر ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین (۱۱ نفره) و گروه سه: گروه کنترل بود که بدون دستکاری هیچگونه تمرین و دوره تیپر نداشتند (۸ نفره) تقسیم شدند. سپس متغیرهای آنترپومتریکی همانند قد، وزن و شاخص توده بدنی از آزمودنی ها قبل از شروع دوره تمرین چهار هفته ای تخلیه گلیکوژنی اندازه گیری شد، همچنین توان هوازی آزمودنی ها بوسیله آزمون ۲۰ متری رفت و برگشتی اندازه گیری شد. سپس نمونه های خونی اولیه از آزمودنی ها در شرایط پایه حداقل ۱۲ ساعت ناشتایی در ساعت ۷ صبح در آزمایشگاه گرفته شد.

روش اجرای پروتکل تحقیق

پروتکل تمرینی آزمودنی ها بدین صورت بود که در مدت چهار هفته هر هفته دو جلسه در برنامه تمرین تخلیه گلیکوژنی شرکت می کردند. آزمودنی ها می بایستی ۶۰ متر را به صورت رفت و برگشت در طی ۳۰ ثانیه انجام می دادند. هر آزمودنی باید ۶ بار بدون استراحت در زمان های ۳۰ ثانیه ای این تست را اجرا می کرد که در نهایت کل زمان تست ۱۸۰ ثانیه بود. مدت زمان استراحت نیز ۳۰ ثانیه بعد از هر مرحله سه دقیقه ای بود (۱۴). تعداد حرکات و زمان پروتکل تمرین به مدت دو ساعت و ۱۵ دقیقه براساس پروتکل تمرین تخلیه گلیکوژنی بر روی افراد غیر فعال سالم بود. همچنین پروتکل تیپر در اولین گروه تجربی یا گروه تمرین تناوبی - وامانده ساز کاهش حجم تمرین از نظر زمانی تا ۵۰ درصد مرحله تمرین اصلی و دومین گروه کاهش حجم تمرین تا ۷۵ درصد مرحله تمرین اصلی به مدت یک هفته بود و گروه سوم کنترل در طی دوران تیپر بدون تمرین بودند (جدول ۱). ساعات تمرینی همزمان در زمان ظهر بین ساعت ۱۱/۳۰ الی ۱۴ با توجه به محدودیت آزمودنی ها برای حضور همزمان در جلسه تمرینی در روزهای یکشنبه و سه شنبه بود.

جدول ۱: پروتکل اجرایی تحقیق در سه گروه تحقیق

گروه	دوره تمرین تخلیه گلیکوژنی (چهار هفته)						تیپر (کاهش حجم تمرین) (یک هفته)			
	تعداد جلسات در هفته	مدت زمان هر جلسه (دقیقه)	تعداد دورها	تکرار در هر دور	مدت زمان هر جلسه (دقیقه)	تعداد جلسات در هفته	تعداد دورها	تکرار در هر دور	مدت زمان هر جلسه (دقیقه)	تعداد جلسات در هفته
۵۰ درصد	۲	۱۳۵	۳۸	۶	۳	۳۰	۶	۳	۳	۳۰
۷۵ درصد	۲	۱۳۵	۳۸	۶	۳	۳۰	۶	۳	۳	۳۰
کنترل	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

خون گیری طی سه مرحله روز قبل از شروع اولین جلسه تمرین تخلیه گلیکوژنی (پیش آزمون)، بعد از ۴ هفته تمرین تخلیه گلیکوژنی (پس آزمون) و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تیپر یا کاهش حجم تمرین (پیگیری) در وضعیت ۱۲ ساعت ناشتایی ۷ صبح در آزمایشگاه در انجام شد. برای



ارزیابی سطوح استراحتی کورتیزول سرم از روش (CLIA) و با استفاده از کیت (کورتیزول LIAISON Diasorin REF 313261) ساخت کشور ایتالیا و با ضریب تغییرات ۲/۴ و حساسیت ۰/۴ میلی گرم در صد میلی لیتر صورت گرفت. سطح سرمی CRP از روش نفلومتری و با استفاده از کیت The Binding site ساخت کشور انگلیس و سنجش توسط دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی EasyRA با حساسیت ۰/۴ میلی گرم در صد میلی لیتر و ضریب تغییرات درون سنجی و برون سنجی به ترتیب ۴/۷ و ۵ درصد انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها در حالت پایه و ارزیابی اختلاف نمونه با جامعه مورد نظر از آزمون کلموگراف - اسمیرنوف و جهت بررسی همگنی واریانس ها از آزمون لوین استفاده شد. جهت بررسی تفاوت درون گروهی از آزمون اندازه گیری های مکرر و جهت بررسی تفاوت های بین گروهی از اختلاف عددی مقدار پیش آزمون و پس آزمون (اختلاف عددی شماره ۱) و پس آزمون و پیگیری (اختلاف عددی شماره ۲) و روش آماری MANOVA استفاده شد. همچنین از آزمون های تعقیبی توکی و بونفرنی جهت معنی داری بین گروهی و درون گروهی در سطح معنی داری ($\alpha=0/05$) استفاده شد.

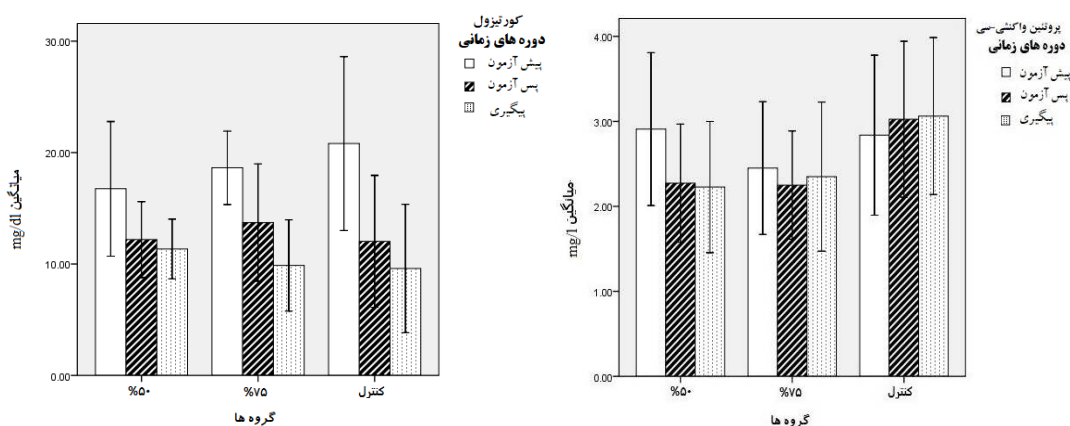
نتایج

برخی ویژگی های آنتروپومتریکی و ترکیب بدنی آزمودنی های تحقیق شامل: سن، قد، وزن، شاخص نمایه بدنی و اکسیژن مصرفی بیشینه آزمودنی ها که در مرحله پیش آزمون اندازه گیری شد، در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: ویژگی های دموگرافیک و آنتروپومتریکی آزمودنی ها (میانگین + انحراف معیار)

گروه	۵۰ درصد	۷۵ درصد	کنترل	P
متغیر	(۱۱ نفر)	(۱۱ نفر)	(۸ نفر)	
سن (سال)	۱۹/۳۶±۱/۰۲	۱۹/۶۰±۰/۶۹	۱۹/۶۳±۰/۹۱	۰/۷۷۱
قد (متر)	۱/۷۵±۰/۰۸	۱/۷۴±۰/۰۷۵	۱/۷۴±۰/۰۴	۰/۰۶
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۰۰±۱۸/۹۰	۶۹/۲۰±۹/۸۱	۷۷/۳۸±۱۵/۶۲	۰/۵۴۱
نمایه توده بدنی	۲۰/۷۹±۵/۱۰	۱۹/۸۹±۲/۷۷	۲۱/۹۶±۳/۸۷	۰/۵۷۴
اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۴۵/۹۱±۶/۹۹	۴۶/۶۵±۷/۱۱	۴۵/۶۱±۷/۷۷	۰/۹۵۱

نتایج جدول ۲ حاکی از عدم معنی داری در ویژگی های دموگرافیکی و آنتروپومتریکی آزمودنی ها در مرحله پیش آزمون بین سه گروه تحقیق است، بنابراین گروه های تمرینی از نظر ویژگی های دموگرافیکی و آنتروپومتریکی همگن می باشند. همچنین میانگین و انحراف استاندارد مقادیر کورتیزول و CRP آزمودنی ها در سه دوره زمانی پیش آزمون، پس آزمون و دوره پیگیری که پس از یک هفته دوره تیپر بود، در شکل ۱ در سه گروه تحقیقی نشان داده شده است.



جدول ۳: نتایج آزمون اندازه گیری‌های مکرر مقادیر کورتیزول و CRP در سه دوره زمانی (پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری)

آماره	فاکتور	اندازه	گروه	عامل	آماره	فراوانی	Hypothesis	خطای درجه	سطح معنی	Eta
							df	آزادی	داری	
کورتیزول	۵۰ درصد	زمان	۰/۴۷	۴/۹۰	۲/۰۰	۹/۰۰	۰/۰۳	۰/۵۲		
	۷۵ درصد	زمان	۰/۴۱	۵/۷۲	۲/۰۰	۸/۰۰	۰/۰۲	۰/۵۸		
	کنترل	زمان	۰/۵۱	۲/۸۷	۲/۰۰	۶/۰۰	۰/۱۳	۰/۴۸		
CRP	۵۰ درصد	زمان	۰/۶۳	۲/۵۶	۲/۰۰	۹/۰۰	۰/۰۳	۰/۳۶		
	۷۵ درصد	زمان	۰/۹۷	۰/۱۲	۲/۰۰	۸/۰۰	۰/۸۸	۰/۰۳		
	کنترل	زمان	۰/۷۱	۱/۲۲	۲/۰۰	۶/۰۰	۰/۳۵	۰/۲۸		

نتایج آزمون اندازه گیری‌های مکرر برای کورتیزول سرمی در جدول ۳ آمده است، مطابق نتایج، بین مقادیر پیش آزمون، پس آزمون و آزمون پیگیری درون گروهی میزان کورتیزول گروه های ۵۰ درصد و ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین تفاوت معنی داری وجود دارد ($p < 0.05$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در جدول ۴ آمده است. مطابق نتایج این جدول فقط بین مراحل پیش آزمون و پیگیری در هر دو گروه تجربی ۵۰ درصد و ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین تفاوت معنی داری وجود دارد ($p = 0.02$ و $p = 0.01$).

جدول ۴: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقادیر کورتیزول در دو گروه تجربی ۵۰ و ۷۵ درصدی کاهش حجم تمرین

آماره	دوره زمانی	دوره زمانی	اختلاف	خطا	سطح معنی	۹۵ درصد سطح اطمینان
گروه	پیش آزمون	پس آزمون	میانگین	خطا	داری	حد بالا
۵۰ درصد	پیش آزمون	پس آزمون	۴/۵۵	۳/۵۵	۰/۶۸	-۵/۶۳
						حد پایین
						۱۴/۷۴



۱۱/۸۷	-۱/۰۷	۰/۰۱	۲/۲۵	۵/۴۰	پیگیری	
۵/۶۳	-۱۴/۷۴	۰/۶۸	۳/۵۵	۴/۵۵	پیش آزمون	پس آزمون
۵/۸۳	-۴/۱۳	۱/۰۰	۱/۷۳	۰/۸۴	پیگیری	
۱/۰۷	-۱۱/۸۷	۰/۰۱	۲/۲۵	۵/۴۰	پیش آزمون	
۴/۱۳	-۵/۸۳	۱/۰۰	۱/۷۳	۰/۸۴	پس آزمون	پیگیری
۱۳/۲۴	-۳/۴۲	۰/۳۵	۲/۸۴	۴/۹۱	پس آزمون	
۱۶/۲۵	۱/۲۶	۰/۰۲	۲/۵۵	۸/۷۶	پیگیری	پیش آزمون
۳/۴۲	-۱۳/۲۴	۰/۳۵	۲/۸۴	۴/۹۱	پیش آزمون	
۱۳/۸۶	-۶/۱۶	۰/۸۶	۳/۴۱	۳/۸۵	پیگیری	پس آزمون
-۱/۲۶	-۱۶/۲۵	۰/۰۲	۲/۵۵	۸/۷۶	پیش آزمون	
۶/۱۶	-۱۳/۸۶	۰/۸۶	۳/۴۱	۳/۸۵	پس آزمون	پیگیری

۷۵ درصد

همچنین نتایج آزمون اندازه گیری‌های مکرر برای مقادیر **CRP** سرمی در جدول ۳ آمده است، بر اساس نتایج موجود در بررسی اثرات درون گروهی، بین مقادیر پیش آزمون، پس آزمون و آزمون پیگیری درون گروهی در گروه های ۵۰ درصد و ۷۵ درصد حجم تمرین و گروه کنترل تفاوت معنی داری وجود ندارد ($p > 0.05$). بنابراین دوره های زمانی مختلف پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری بر میزان **CRP** در گروه های مختلف تاثیر معنی داری ندارد.

جدول ۵: نتایج آزمون اندازه گیری‌های مکرر مقادیر CRP در سه دوره زمانی (پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری)

آماره گروه	عامل	آماره	فراوانی	Hypothesis df	خطای درجه سطح معنی داری	Eta
۵۰ درصد	زمان	۰/۶۳	۲/۵۶	۲/۰۰	۰/۱۳	۰/۳۶
۷۵ درصد	زمان	۰/۹۷	۰/۱۲	۲/۰۰	۸/۰۰	۰/۰۳
کنترل	زمان	۰/۷۱	۱/۲۲	۲/۰۰	۶/۰۰	۰/۲۸

همچنین نتایج آزمون **MANOVA** جهت بررسی تفاوت بین گروهی بین دو دسته اختلاف عددی (۱) و (۲) برای مقادیر کورتیزول و **CRP** سرمی بین سه گروه در جدول ۶ آمده است. مطابق نتایج این جدول هیچگونه تفاوت معنی داری در دو دسته اختلاف عددی مرحله اول (تفاضل مقادیر پیش آزمون و پس آزمون) و دوم (تفاضل مقادیر پیش آزمون و پس آزمون) وجود نداشت و بنابراین بین سه گروه پس از مراحل مختلف تمرین تخلیه گلیکوژنی و تیپر تفاوت معنی داری وجود نداشت.



جدول ۶: نتایج آزمون MANOVA مقادیر کورتیزول و CRP بین سه گروه تحقیق در دو مرحله اختلاف عددی مرحله اول و دوم

فاکتور	عامل	متغیر وابسته	جمع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	فراوانی	معنی داری	Eta
کورتیزول	گروه	اختلاف ۱	۹۵/۹۱	۲	۴۷/۹۵	۰/۴۳	۰/۶۵	۰/۰۳
		اختلاف ۲	۴۷/۴۳	۲	۲۳/۷۱	۰/۳۸	۰/۶۸	۰/۰۲
CRP	گروه	اختلاف ۱	۳/۱۹	۲	۱/۵۹	۱/۵۶	۰/۲۲	۰/۱۰
		اختلاف ۲	۰/۱۱	۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۹۶	۰/۰۰

بحث

نتایج تحقیق حاضر در رابطه با تفاوت درون گروهی در آزمون اندازه گیری های مکرر مبین تفاوت معنی دار میزان کورتیزول آزمودنی ها در دو گروه ۵۰ درصد و ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین طی سه دوره زمانی بود و نتایج تعقیبی بونفرونی نشان داد که فقط بین دوره های زمانی پیش آزمون و پیگیری در هر دو گروه مذکور نتایج معنی دار بود. اما نتایج آزمون MANOVA جهت بررسی تفاوت بین گروهی تفاوت معنی دار مقادیر کورتیزول را در سه گروه ۵۰ درصد، ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین و کنترل نشان نداد. در تحقیقی بر روی وزنه برداران نخبه بعد از ۱ و ۴ هفته دوره تیپرینگ هیچ تغییری در میزان سطح کورتیزول خون مشاهده نشد (۱). Izquierdo و دیگران (۲۰۰۶) در ورزشکاران تمرین کرده قدرتی بعد از ۱۶ هفته تمرین مقاومتی سنگین و به دنبال آن چهار هفته دوره تیپرینگ هیچ تغییری در غلظت استراحتی کورتیزول مشاهده نکردند (۱۵). همچنین در تحقیق Mäestu و دیگران (۲۰۰۳) که به بررسی اثر دوره تیپر بر کورتیزول بر قایقرانان پرداختند و تغییری در دوره تیپر مشاهده نکردند (۱۶). یافته های ما همسو با یافته های فوق می باشد. نکته مهم این که بر اساس یافته محققین کاهش هورمون های کاتابولیکی نظیر کورتیزول نشان دهنده بهبود ریکاوری و رفع خستگی انباشته شده در طول دوره تعدیل تمرین است و می تواند بیانگر نوعی عدم رعایت در حفظ شدت تمرین یا دستکاری غیر اصولی سایر متغیرهای تمرینی و یا عدم رعایت مدت زمان مناسب تعدیل تمرین باشد (۱). Moghaddam و دیگران (۱۳۹۲) اثر تعدیل تمرین دو مرحله ای در مقایسه با تعدیل تمرین تدریجی بر میزان لاکتات، تستوسترون و کورتیزول سرمی شناگران مرد جوان را مورد بررسی قرار دادند، طبق نتایج تحقیق آنان تیپر دو هفته ای میزان لاکتات و کورتیزول سرم در گروه تعدیل دو مرحله ای در مقایسه با پیش آزمون به طور معناداری افزایش داشت. این در حالی بود که سطح کورتیزول گروه کنترل که تیپر را تجربه نکردند به روند رو به افزایش قبلی خود ادامه داد (۹). Dehkordi و دیگران (۲۰۱۴) طی یک دوره تیپر دو هفته ای ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش حجم تمرین پس از هشت هفته تمرین منتخب در فوتبالیست ها کاهش در میزان کورتیزول در دو گروه مشاهده کردند که در گروه ۵۰ درصد کاهش حجم تمرین نسبت به گروه ۲۵ درصد کاهش حجم تمرین بیشتر بود (۱۷). کورتیزول به عنوان یک نشانگر هورمونی در شرایط استرسی است و یک نوع گلوکوکورتیکوئید است که توسط غده آدرنال سنتز می شود. عملکرد اصلی آن افزایش تجزیه پروتئین، مهار برداشت گلوکز و افزایش لیپولیز چربی است. سطح کورتیزول سرم توسط عوامل بسیاری از قبیل: شدت، مدت، زمان، نوع فعالیت ورزشی، سن، ارتفاع، دمای محیط و فاکتورهای روانی تغییر می کند. میزان کورتیزول پلاسما می تواند فعالیت کاتابولیکی بافتی را نشان دهد. همچنین به عنوان یک هورمون های استرس زا، از عوامل سرکوب کننده سیستم ایمنی و کاهش مقاومت در برابر عفونت در ورزشکاران پس از فعالیت های بدنی شدید و طولانی مدت به شمار می رود (۹، ۱۷). در شرایط خاص، غلظت های بالای کورتیزول از تولید آنتی بادی جلوگیری می کند که می تواند از اثرات منفی آن به حساب آید (۱۸). بنابراین افزایش طولانی مدت کورتیزول به عنوان یک عامل منفی شناخته می شود و لذا تمرینات و عواملی که بتوانند باعث کاهش مقادیر پایه آن در وضعیت استراحت شوند می تواند به عنوان یک مداخله مثبت تلقی شود. همچنین حالات روحی و روانی افراد می تواند در این پاسخ ها دخیل باشد؛ افراد می توانند در شرایط مختلف تمرینی پاسخ های متفاوتی را نشان دهند. لذا با توجه به حساسیت هورمون کورتیزول و همچنین



تحقیقات انجام شده در زمینه تیپر که در بیشتر موارد دو هفته گزارش شده، شاید یکی از دلایل اصلی عدم تغییر در مقادیر کورتیزول در تحقیق حاضر، دوره زمانی کوتاه یک هفته ای تیپر باشد.

مطابق نتایج تحقیق حاضر، میزان **CRP** آزمودنی ها در سه گروه ۵۰ درصد، ۷۵ درصد کاهش حجم تمرین و کنترل و همچنین در دو اختلاف عددی شماره یک و دو در سه مرحله زمانی تفاوت معنی داری نشان داده نشد. به عبارت دیگر دوره های زمانی مختلف بر میزان **CRP** پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری در گروه های مختلف تاثیر معنی داری ندارد. با این حال، نتایج ضد و نقیضی در رابطه با اثر تمرینات بدنی بر متغیرهای فوق وجود دارد. چنان که **Davis** و دیگران (۲۰۱۳) با بررسی مقایسه تاثیر سه نوع شدت مختلف ورزشی بر سطوح سرمی **CRP** در افراد جوان سالم پرداختند، به این نتیجه رسیدند که هشت هفته تمرین با شدت های مختلف، سطوح سرمی **CRP** را در هر سه گروه کاهش معنی دار می دهد (۱۹). **Hübner** و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تمرینات قدرتی و سرعتی روی کشتی گیران نخبه زن و مرد باعث کاهش معنی دار **CRP** و هموسیستئین می شود (۲۰). **Cosio-Lima** و دیگران (۲۰۰۸) نیز نشان داد که در اثر تمرین، میزان **CRP** تغییری نکرد (۲۱). شاید عدم همخوانی نتایج تحقیقات مذکور مربوط به آزمودنی ها باشد. آزمودنی های تحقیق کوزیو و دیگران (۲۰۰۸) افراد مسن و دیابتی بودند. همچنین نشان داده شده فعالیت بدنی و آمادگی قلبی تنفسی، ارتباط معکوس با سطح **CRP** دارد (۱۹). به عبارتی فعالیت بدنی و آمادگی قلبی عروقی **CRP** را کاهش می دهد. **Stewart** و دیگران (۲۰۰۷) اثر ۱۲ هفته برنامه ترکیبی (هوازی/مقاومتی) بر سایتوکاین های التهابی را در ۲۹ مرد جوان ۱۸ تا ۳۵ سال مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند میزان **CRP** با ورزش کاهش داشت (۷). در حالی که اکثر مطالعات رابطه معکوسی بین سطوح فعالیت جسمانی و **CRP** نشان دادند (۳). نتایج برخی تحقیقات دیگر حاکی از آن است که برنامه های ورزشی بر نشانگرهای التهابی (**CRP**) تاثیر ندارد (۲۲). **Abedi** (۲۰۱۲) تاثیر تمرین ترکیبی بر غلظت **CRP** سرم را در مردان غیر فعال را به مدت ۱۲ هفته مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که سطوح **CRP** سرم در گروه تمرینی به طور معنی داری پایین تر از گروه کنترل بود (۲۲). همچنین **Pourvaghar** (۲۰۱۳) به بررسی اثرات فعالیت ورزشی هوازی در زنان سالم پرداختند. آنها نشان دادند فعالیت هوازی منجر به کاهش سطوح **CRP** می شود (۴). به هر حال با وجود تحقیقات زیاد درباره اثرات ورزش بر سیستم ایمنی، توافق کلی وجود ندارد که این خود مربوط به تفاوت در انواع فعالیت های ورزشی، شدت و مدت تمرینات ورزشی، تفاوت های فردی و تجربه ورزشی افراد و اندازه گیری های متفاوت عوامل سیستم ایمنی می باشد. **CRP** یک پروتئین واکنش دهنده مرحله حاد است که در طی فرایندهای التهابی ساخته می شود. به پروتئین هایی که در اثر عواملی همچون التهاب، نکرور، عفونت های باکتریایی و ویروسی و بدخیمی ها، مقدارشان در پلاسما و سرم خون انسان و حیوانات خونگرم تغییر می یابد، پروتئین های فاز حاد گویند. نقش اکثر این پروتئین ها کاهش ضایعات التهابی در بافت ها می باشد، به این ترتیب که آن ها، سبب دفع عامل التهاب، خارج کردن و از بین بردن قطعات بافت صدمه دیده و در نهایت ترمیم بافت می شوند (۶، ۲۱). این پروتئین ها جزء سیستم ایمنی ذاتی بوده و قبل از ایمنی اختصاصی شروع به فعالیت می کنند (۲۳). شواهد نشان می دهند که تمرین بدنی منظم سبب کاهش لیپوپروتئین سبک و هموسیستئین و به دنبال آن کاهش **CRP** می شود لذا میزان **CRP** شش تا هشت ساعت پس از یک ضایعه در سرم ظاهر می شود و بلافاصله پس از ترمیم بافت، به سرعت کاهش می یابد. شاید یکی از دلایل اصلی عدم تغییر در مقادیر **CRP** زمان خون گیری بود که ۴۸ ساعت پس از تمرینات ورزشی صورت گرفت و ادبیات تحقیق بیشترین تغییرات در مقادیر **CRP** را در حدود پنج ساعت پس از تمرینات ورزشی عنوان می کنند. در کل به نظر می رسد با توجه به حساسیت **CRP** و همچنین تحقیقات انجام شده در زمینه تیپر که در بیشتر موارد دو هفته گزارش شده، شاید یکی از دلایل اصلی عدم تغییر در مقادیر **CRP** دوره زمانی کوتاه آن باشد. که این مسایل انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه را آشکار می سازد.

کورتیزول شاخص و هورمونی است که بر توان دفاعی و نیز شاخص های التهابی در حین فعالیت ورزشی نقش موثری دارد و باعث کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و گسترش شاخص های آسیب رسان به عضلات و به دنبال آن افزایش رادیکال های آزاد و شاخص های التهابی می شود (۲۴). همچنین سطح **CRP** (نشانگر التهاب) و کورتیزول (نشانگر استرس و خستگی) حین ورزش افزایش می یابند (۲۵). سطح کورتیزول بعد از ورزش افزایش می یابد، و مصرف کربوهیدرات ها در هنگام ورزش شدید می تواند با حفظ قند خون سطح کورتیزول و کاتکول آمین را کاهش دهد (۲۶). احتمالاً مصرف کربوهیدرات ها در حین ورزش از عوامل برقراری تعادل می باشد. گلوکز ماده سوختی مهمی برای لنفوسیتها، نوتروفیلها و ماکروفاژهای دستگاه ایمنی است. با توجه به اینکه غلظت گلوکز خون ورزشکاران می تواند از ۴ تا ۶ میلی مول در لیتر در زمان استراحت به پائینتر از ۲/۵ میلی مول بر لیتر (هایپو گلیسمی) به هنگام ورزش بلند مدت برسد، این کاهش گلوکز احتمالاً بر تحریک سیستم



ایمنی و التهابی اثرگذار است. از طرفی کاهش غلظت گلوکز خون موجب افزایش غلظت هورمون کورتیزول در گردش می شود که این شرایط با توجه به شرایط کاهش افت قند خون در تمرینات تخلیه گلیکوژنی می تواند منجر به افزایش غلظت کورتیزول و واکنش سیستم ایمنی و بدنبال آن افزایش پاسخ التهابی نظیر **CRP** می شود (۲۷). اما در تحقیق حاضر اثر سازگاری در تمرین و مقادیر پایه اندازه گیری شد که همراه با عدم تغییر چه در دوره تمرین تخلیه گلیکوژنی و تیپر بود که احتمالاً با توجه به نوع آزمودنی ها، شدت و مدت تمرین بدون تغییر بود. در تحقیقی مشابه با مطالعه حاضر نشان داده شد، که یک دوره تیپر پس از چهار هفته تمرین بر روی برخی عوامل رشدی مانند **IGF-1** و عوامل آسیب عضلانی مانند کراتین کیناز نتوانسته اثربخش باشد (۲۸). که این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر همسو است و تایید می کند که احتمالاً دو هفته کاهش حجم تمرینی برای اثربخشی بر روی عوامل استرسی نظیر کورتیزول نتوانسته اثر بگذارد لذا نیاز به تحقیقات تکمیلی در این زمینه وجود دارد.

نتیجه گیری

اگر چه نتایج درون گروهی در دوره های زمانی مختلف فقط بین مراحل شروع آزمون و انتهای دوره تیپر کاهش مقادیر کورتیزول در دو گروه تمرینی مشاهده شد، اما یافته های بین گروهی این تحقیق نشان داد که کاهش تدریجی حجم تمرین یک هفته ای پس از یک دوره چهار هفته ای تمرین تخلیه گلیکوژنی بر میزان کورتیزول و **CRP** مردان سالم غیر فعال تاثیر معنی داری ندارد. بنابراین یک هفته کاهش تدریجی حجم تمرین منجر به تغییر مقادیر هورمون های استرسی و التهابی پس از چهار هفته تمرین تخلیه گلیکوژنی در مردان سالم غیرورزشکار نمی شود.

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر با نظارت و تصویب معاونت محترم پژوهشی دانشگاه قم و با کسب رضایت کامل از آزمودنی ها انجام شد. همچنین دارای کد اخلاق به شماره **IR.QOM.REC.1398.008** بود. آزمودنی ها از کلیه جنبه های تحقیقی اطلاع داشته و هر زمان که می خواستند می توانستند از پروژه تحقیقی خارج شوند.

حامی/حامیان مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه قم بوده و تحت حمایت مالی هیچ ارگان و یا نهادی قرار نگرفته است

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی مقاله مشارکت یکسان داشته اند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می دارند که هیچگونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

در انتها نویسندگان از تمامی دانشجویان شرکت کننده در تحقیق و همچنین افرادی که در انجام تحقیق همکاری داشته اند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می نمایند.

References

1. Flavio A Cadegiani et al. J Athl Train. Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. 2019;54(8):906-914. doi: 10.4085/1062-6050-148-18.
2. Papacosta E, Gleeson M. Effects of intensified training and taper on immune function. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte. 2013;27:159-76.
3. Ahmad H Alghadir et al. Moderate aerobic training modulates cytokines and cortisol profiles in older adults with cognitive abilities. Cytokine. 2021. 138:155373. doi: 10.1016/j.cyto.2020.155373.
4. Pourvaghari MJ. Impact of a 2-month aerobic exercise on CRP of overweight female students. KAUMS Journal (FEYZ). 2013;17(4):380-6. [in persian]
5. Junga Lee. Public Health Nurs. Influences of exercise interventions on overweight and obesity



- in children and adolescents. 2021 ;38(3):502-516. doi: 10.1111/phn.12862.
6. Zara Mayat et al. J Womens Health (Larchmt). Associations of Inflammation, Physical Activity, and Sleep in a Diverse Population of Women.2020. 29(7):1007-1016. doi: 10.1089/jwh.2019.7663.
7. Kaleen M Lavin et al. Effects of aging and lifelong aerobic exercise on basal and exercise-induced inflammation. J Appl Physiol (1985). 2020. 1;128(1):87-99. doi: 10.1152/japplphysiol.00495.2019.
8. Suat Yildiz et al. J Strength Cond Res. Effects of 8-Week Functional vs. Traditional Training on Athletic Performance and Functional Movement on Prepubertal Tennis Players. 2019;33(3):651-661. doi: 10.1519/JSC.0000000000002956.
9. Moghaddam A, Ghasemniyan A, Azad A, Ghayebloou B. Compare the effect of two-stage tapering and gradual tapering on serum lactate, testosterone and cortisol in male athletes. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2015;2(2):76-88. [in persian]
10. Zehsaz F, Azarbaijani MA, Farhangimaleki N, Tiidus P. Effect of tapering period on plasma hormone concentrations, mood state, and performance of elite male cyclists. European Journal of Sport Science. 2011;11(3):183-90. [in persian]
11. Bergström J, Hultman E. Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. Nature. 1966;210(5033):309-10.
12. Karl E Cogan et al. Eur J Appl Physiol. Co-ingestion of protein or a protein hydrolysate with carbohydrate enhances anabolic signaling, but not glycogen resynthesis, following recovery from prolonged aerobic exercise in trained cyclists. 2018;118(2):349-359. doi: 10.1007/s00421-017-3775-x.
13. Karl E Cogan et al. Eur J Appl Physiol. Co-ingestion of protein or a protein hydrolysate with carbohydrate enhances anabolic signaling, but not glycogen resynthesis, following recovery from prolonged aerobic exercise in trained cyclists. Eur J Appl Physiol. 2018. ;118(2):349-359. doi: 10.1007/s00421-017-3775-x.
14. Ghasemi Kahrizsangi A, Kazemi A, Ravasi A, Dehkhoda M. The effect of glucose and glutamine supplementation on serum HSP72 in non-athlete men during four weeks exhausting endurance-intermittent training. Res in Sport Med & Technol. 2014;7(23):1-12. [in persian]
15. Marcin Grandys et al. Growth Horm IGF Res. Endurance training-induced changes in the GH-IGF-I axis influence maximal muscle strength in previously untrained men. 2017 doi: 10.1016/j.ghir.2016.12.003.
16. Jaak Jürimäe et al. Irisin and inflammatory cytokines in elite male rowers: adaptation to volume-extended training period. J Sports Med Phys Fitness. 2021. doi: 10.23736/S0022-4707.20.11076-4..
17. Dehkordi KJ, Ebrahim K, Gaeini A, Gholami M. The effect of two types of tapering on cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in male soccer players. Int J Basic Sci Appl Res. 2014;3(2):79-84. [in persian]
18. Caoimhe Tiernan et al. Salivary IgA as a Predictor of Upper Respiratory Tract Infections and Relationship to Training Load in Elite Rugby Union Players. J Strength Cond Res. 2020 ;34(3):782-790.
19. Davis F, Vidyasagar S, Maiya A, Kamath A. Dose response relationship between exercise intensity and C Reactive Protein in sedentary individuals. Journal of Science and Medicine in Sport. 2013;16:e30.
20. Amie Woodward et al. Supervised exercise training and increased physical activity to reduce



- cardiovascular disease risk in women with polycystic ovary syndrome: study protocol for a randomized controlled feasibility trial. *Trials*. 2020. doi: 10.1186/s13063-019-3962-7.
21. Cosio-Lima L, Schuler P, Reynolds K, Taylor L, Kellog G, Cerney J. Preliminary study of the effects of age and type2 diabetes on the release of IL-6, IL-10, TNF a and cortisol in response to acute exercise. *Journal of American Cell Cardiology*. 2008;119(3).
22. Abedi B. The effects of 12-week combined aerobic/resistance training on C-reactive protein (CRP) serum and interleukin-6 (IL-6) plasma in sedentary men. 2012. [in persian]
23. Hatami S, Javad Mousavi SA. C-reactive protein levels correlate with mortality in critically ill patients. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2015;22(130):47-52. [in persian]
24. Reza Jahani G, Entezami K, Haydari H, Abkar A, Mollasaeidi Z. The effect of intensive activity and regular exercise with carbohydrate ingestion on cell-mediated immunity. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2013;19(104). [in persian]
25. Francesca Arfuso et al. Oxidant and Antioxidant Parameters' Assessment Together with Homocysteine and Muscle Enzymes in Racehorses: Evaluation of Positive Effects of Exercise. *Antioxidants (Basel)*. 2022. doi: 10.3390/antiox11061176.
26. Joanna Kruk et al. Physical exercise and catecholamines response: benefits and health risk: possible mechanisms. *Free Radic Res*. 2020. doi: 10.1080/10715762.2020.1726343.
27. Ghilson M. Immunological system function in exercise. Translated by H Aghaalinejad Tehran Donyaye harekat. 2010. [in persian]
۲۸. Alimardani, A., Shokri, A., Rasouli, M., Daei, R. Comparison of Two Methods of Tapering After Four Weeks of Glycogen Depletion on Cortisol and CRP in Healthy, Inactive Males. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 2024; 1(2): 7-20. doi: 10.22091/arsnes.2024.10404.1008