

Original Article

## Comparison of the acute effects of specialized volleyball training with and without blood flow restriction (BFR) on CRP, ESR and TNF- $\alpha$ in adolescent female volleyball players

Kosar Rahmani , Javad Vakili\* , Vahid Sari-Sarraf 

Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz

### Abstract

**Background and Purpose:** Recent evidence suggests that physical activity can increase levels of inflammatory markers in athletes, leading to greater fatigue and exhaustion, which may negatively affect athletic performance. One of the newer training methods that has gained attention in recent years is blood flow restriction (BFR) training. This type of exercise involves applying limited pressure to the vessels of the target area, enabling low-intensity training to yield similar effects as high-intensity workouts. However, studies examining the effects of BFR training remain limited, and no research to date has investigated the acute effects of sport-specific volleyball training with BFR. Therefore, the present study aimed to examine the acute effects of sport-specific volleyball training with and without BFR on serum levels of C-reactive protein (CRP), tumor necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ), and erythrocyte sedimentation rate (ESR) in adolescent female volleyball players.

**Materials and Methods:** Twenty adolescent female volleyball players (age:  $15.2 \pm 1.03$  years) were randomly assigned to either the BFR volleyball training group or the non-BFR (N-BFR) volleyball training group. Participants in both groups performed a single 65-minute session of sport-specific volleyball training. The training included volleyball-specific drills such as spiking, receiving, blocking, and serving, conducted in a circuit format with an intensity of 17–18 based on the Rate of Perceived Exertion (RPE) scale. Throughout the training session, blood flow restriction cuffs were applied to the proximal part of the lower limbs in the BFR group, with the cuff pressure set to 140 mmHg. Blood sampling was performed in two phases, before and after the training session, to assess inflammatory markers.

**Results:** Serum levels of CRP significantly increased in both the BFR and N-BFR groups following the specialized volleyball activity ( $P < 0.05$ ); however, this increase was 160% in the BFR group and 100% in the N-BFR group. Additionally, ESR levels increased by 78% in the BFR group and by 63% in the N-BFR group ( $P < 0.05$ ). Nevertheless, serum TNF- $\alpha$  levels showed a significant increase only in the BFR group ( $P = 0.001$ ), with a 77% rise, whereas the change in the N-BFR group was 72%. Furthermore, between-group comparisons revealed no significant differences between the BFR and N-BFR groups in ESR ( $P = 0.469$ ), TNF- $\alpha$  ( $P = 0.951$ ), and CRP ( $P = 0.367$ ) levels.

**Conclusion:** A single session of specialized volleyball activity, with or without blood flow restriction, leads to an increase in inflammatory markers in adolescent female volleyball players. Despite the greater metabolic and mechanical stress induced by BFR training compared to the primarily mechanical load of non-BFR training, both modalities resulted in similar inflammatory responses. However, further studies with larger sample sizes are necessary to confirm these findings.

**Keywords:** Blood Flow Restriction (BFR), C - reactive protein (CRP), Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF- $\alpha$ ), Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR)

**How to cite this article:** Rahmani K, Vakili J, Sari-Sarraf V. Comparison of the acute effects of specialized volleyball training with and without blood flow restriction (BFR) on CRP, ESR and TNF- $\alpha$  in adolescent female volleyball players. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(4):?-?.

\*Corresponding Author's E-mail: Vakili@tabrizu.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.239614.1357>

Received: 24/04/2025

Revised: 09/06/2025

Accepted: 07/07/2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

نسخه پیش انتشار

## مقایسه تأثیر حاد تمرینات تخصصی والیبال با و بدون محدودیت جریان خون (BFR) بر CRP، ESR و $TNF-\alpha$ دختران نوجوان والیبالیست

کوثر رحمانی<sup>ID</sup>، جواد وکیلی\*<sup>ID</sup>، وحید ساری صراف<sup>ID</sup>

گروه آموزشی فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز

### چکیده

**زمینه و هدف:** شواهد اخیر نشان می‌دهند که فعالیت‌های ورزشی می‌تواند باعث افزایش سطوح عوامل التهابی در بدن ورزشکاران شود که منجر به افزایش خستگی و واماندگی شده و می‌تواند بر کیفیت اجرای ورزشکار تأثیر منفی بگذارد. یکی از روش‌های تمرینی جدید که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR) است. این نوع تمرین با اعمال فشار محدود بر عروق ناحیه هدف، تمرینی با شدت کمتر اما اثرگذاری مشابه تمرینات شدید فراهم می‌کند. باوجوداین، مطالعات در زمینه تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR) محدود است و تاکنون نیز هیچ مطالعه‌ای تأثیر حاد تمرین تخصصی والیبال با BFR را بررسی نکرده است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر حاد تمرین تخصصی والیبال با و بدون BFR بر سطح سرمی پروتئین واکنش‌گر C (CRP)، فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا ( $TNF-\alpha$ ) و میزان رسوب گلبول قرمز (ESR) در دختران نوجوان والیبالیست بود.

**مواد و روش‌ها:** ۲۰ دختر نوجوان والیبالیست (سن:  $1.03 \pm 0.15$ ) به صورت تصادفی در دو گروه تمرین تخصصی والیبال با محدودیت جریان خون (BFR) و تمرین تخصصی والیبال بدون محدودیت جریان خون (N-BFR) قرار گرفتند. آزمودنی‌های هر دو گروه BFR و N-BFR در یک جلسه فعالیت ورزشی تخصصی والیبال به مدت ۶۵ دقیقه شرکت کردند. هر دو گروه BFR و N-BFR تمرینات اختصاصی والیبال شامل اسپک، دریافت، دفاع و سرویس را به صورت ایستگاهی با شدت ۱۷-۱۸ بر اساس مقیاس میزان درک خستگی (RPE) اجرا کردند. در تمام طول جلسه تمرینی کاف‌های محدودکننده جریان خون از بخش پروگزیمال اندام‌های تحتانی به دور ران آزمودنی‌های گروه BFR بسته و فشار کاف‌ها روی ۱۴۰ میلی‌متر جیوه تنظیم شد. نمونه گیری خونی در دو مرحله پیش و پس از تمرین برای سنجش شاخص‌های التهابی انجام شد.

**نتایج:** سطوح سرمی CRP در هر دو گروه BFR و N-BFR متعاقب فعالیت تخصصی والیبال افزایش معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ) اما این افزایش در گروه BFR، ۱۶۰٪ و در گروه NBFR، ۱۰۰٪ بوده است. همچنین سطوح ESR در گروه BFR، ۷۸٪ و در گروه NBFR، ۶۳٪ افزایش داشته است ( $P < 0.05$ ). باوجوداین، سطح سرمی  $TNF-\alpha$  فقط در گروه BFR ( $P = 0.001$ ) افزایش معنی‌داری به میزان ۷۷٪ داشت در حالی که این تغییر در گروه NBFR، ۷۲٪ بود. علاوه بر این، نتایج حاصل از مقایسه بین گروهی نشان داد که بین گروه‌های BFR و N-BFR در مقدار ESR ( $P = 0.469$ )،  $TNF-\alpha$  ( $P = 0.951$ ) و CRP ( $P = 0.367$ ) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

**نتیجه‌گیری:** یک جلسه فعالیت تخصصی والیبال با و بدون محدودیت جریان خون باعث افزایش عوامل التهابی در دختران نوجوان والیبالیست می‌شود. همچنین این نوع تمرینات با وجود ایجاد فشار متابولیکی و مکانیکی در مقایسه با تمرینات بدون BFR (که فشار وارد شده فقط به صورت مکانیکی است)، به پاسخ های التهابی یکسانی منجر شده است. اما برای تأیید نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطالعات بیش تر با حجم نمونه بزرگ تر نیاز است.

**کلمات کلیدی:** محدودیت جریان خون (BFR)، پروتئین واکنش گر C (CRP)، فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا ( $TNF-\alpha$ )، میزان رسوب گلبول قرمز (ESR)، التهاب، دختران والیبالیست

**نحوه استناد به این مقاله:** رحمانی ک، وکیلی ج، ساری صراف و. مقایسه تأثیر حاد تمرینات تخصصی والیبال با و بدون محدودیت جریان خون (BFR) بر ESR، CRP و  $TNF-\alpha$  دختران نوجوان والیبالیست. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۴): ۹-۱۸.

\* رایانامه نویسنده مسئول: [Vakili@tabrizu.ac.ir](mailto:Vakili@tabrizu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴

## مقدمه

والیبال یکی از پرطرفدارترین رشته‌های ورزشی جهان است و بر اساس نظرسنجی‌ها بعد از فوتبال دومین ورزش پرطرفدار محسوب می‌شود (۱). والیبال ورزش ترکیبی است که به هردو سیستم انرژی هوازی و بی‌هوازی نیاز دارد (۲). همچنین، این ورزش نیازمند مجموعه‌ای از قابلیت‌های بدنی، تکنیکی، تاکتیکی و روانی می‌باشد (۳). بنابراین، مربیان و فیزیولوژیست‌های ورزشی برای دستیابی به سازگاری‌های فیزیولوژیکی و بهینه‌سازی عملکرد اختصاصی باید متغیرهای متعددی را در نظر بگیرند و برای تدوین برنامه‌های تمرینی به دنبال روش‌های کاربردی و نوین باشند (۴). یکی از عواملی که می‌تواند در پیشرفت و توسعه عملکرد ورزشی والیبالیست‌ها نقش مهمی ایفا کند افزایش قدرت، به‌ویژه قدرت انفجاری در اندام‌های فوقانی و تحتانی می‌باشد. توان انفجاری " توانایی فرد برای استفاده از حداکثر قدرتی است که در کوتاه‌ترین زمان ممکن به کار می‌رود و از عوامل مهم برای موفقیت والیبالیست‌ها، به‌ویژه ورزشکاران زن جوان در نظر گرفته می‌شود (۵، ۶).

به‌طور کلاسیک تمرینات قدرتی با شدت بیش از ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه (IRM) برای افزایش هایپرتروفی و قدرت عضلات اسکلتی استفاده می‌شود. با این حال، شواهد متعددی نشان می‌دهند تمرینات با شدت پایین نیز می‌تواند سنتز پروتئین عضلانی را به‌طور حاد القا کند و باعث افزایش قدرت شود (۷، ۸). تمرینات محدودیت جریان خون (BFR) که به‌عنوان تمرینات کاتسو (KAATSU) نیز شناخته می‌شود، یکی از روش‌های تمرینی جدید است که در سال‌های اخیر محبوبیت پیدا کرده است (۹-۱۱) و می‌تواند باعث افزایش قدرت و سنتز عضلانی در ورزشکاران شود. اصل اساسی این روش دستیابی به بهترین نتیجه از طریق تمرینات با شدت کم است. در این روش از کاف‌هایی استفاده می‌شود که به دور قسمت فوقانی ران و بازو بسته می‌شود. با فشار اعمال‌شده توسط این کاف‌ها، جریان خون شریانی بدون قطع کامل آن محدود می‌شود، در نتیجه بازگشت وریدی را محدود کرده و یک محیط بی‌هوازی شبیه به آنچه در تمرینات با شدت بالا رخ می‌دهد، ایجاد می‌کند (۱۲). میزان مقاومت در این روش تمرینی، معمولاً در محدوده ۲۰ تا ۴۰ درصد IRM قرار دارد. تحقیقات نشان می‌دهد این رویکرد می‌تواند نتایج مشابه با تمرینات مقاومتی شدید و سنگین به دست آورد (۱۳). به نظر می‌رسد مکانیسم غالب برای تحریک سنتز عضلانی، استرس متابولیکی ناشی از محیط ایسکمی/هیپوکسی ایجادشده در تمرینات BFR می‌باشد. استرس متابولیکی و/یا هیپوکسی به افزایش فراخوانی تارهای تند انقباض، تورم سلولی، و هورمونی منجر می‌شود (۱۴، ۱۵) که این عوامل باعث فعال شدن مسیر سیگنالی سنتز عضلانی و تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای می‌شود (۱۶).

از طرف دیگر، نتایج مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات BFR سیستم ایمنی بدن را تحت تأثیرات قرار می‌دهد و باعث آسیب عضله و رهایش مواد گوناگون مانند پروتئین‌های درون‌سلولی و سایتوکین‌های التهابی مانند پروتئین واکنش گر C (CRP)، اینترلوکین-۶ (IL-6) و کراتین کیناز A (CK)، فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا (TNF- $\alpha$ ) می‌شود (۱۷). افزایش سطوح عوامل التهابی در بدن ورزشکاران سبب افزایش خستگی و واماندگی خواهد شد که چنین شرایطی می‌تواند بر کیفیت اجرای ورزشکار تأثیر منفی بگذارد (۱۸، ۱۹). CRP پروتئین واکنش‌دهنده فاز حاد غیراختصاصی است که توسط سلول‌های کبدی و سلول‌های عضلات صاف دیواره عروق کرونری تولید می‌شود و عفونت یا التهاب را افزایش می‌دهد (۲۰، ۲۱). CRP با تحریک سایتوکین‌ها از سلول‌های کبدی در اولین ساعات آسیب بافتی یا التهاب تولید می‌شود. همچنین نشان داده شده است که مقادیر CRP بلافاصله پس از یک جلسه فعالیت ورزشی نسبتاً شدید در دختران فعال افزایش می‌یابد (۲۲). همچنین در بین سایتوکین‌ها، TNF- $\alpha$  واسطه اصلی پاسخ التهابی حاد است که عملکرد فیزیولوژیکی آن تحریک لکوسیت‌ها، ارسال سیگنال به محل‌های التهابی و فعال کردن آن‌ها به‌منظور از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و کاهش التهاب است (۲۳). افزایش TNF- $\alpha$  می‌تواند منجر به تسهیل عفونت ویروسی و آسیب اندام شود (۲۴).

همچنین،  $TNF-\alpha$ ، به عنوان عامل التهابی کلیدی، می تواند یکپارچگی سد خونی مغزی را مختل کند (۲۵). علاوه بر این، میزان رسوب گلبول قرمز (ESR) عامل غیراختصاصی دیگری است که نشان دهنده التهاب بوده و از طریق آن می توان به طور غیرمستقیم عمل سایتوکاین های التهابی را تخمین زد (۲۶، ۲۷). ESR با سرعت رسوب نمونه خونی پس از یک ساعت تعیین می شود (۲۸). اگرچه بیومارکرهای التهابی جدید با حساسیت بالاتر در حال کشف هستند، ESR به دلیل مقرون به صرفه بودن و سادگی، یکی از رایج ترین بیومارکرهای التهابی است (۲۹، ۳۰). مقادیر طبیعی ESR برای زنان ۰ تا ۱۵ میلی متر در ساعت و برای مردان ۰ تا ۱۰ میلی متر در ساعت است (۳۱).

با توجه به اینکه افراد بسیاری، به ویژه دختران نوجوان، در رشته ورزشی والیبال در حال فعالیت هستند و همچنین مطالعات اندکی تأثیر تمرینات BFR بر رهایش عواملی التهابی را بررسی کرده است، انجام مطالعات در این زمینه ضروری به نظر می رسد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر مقایسه حاد تمرینات تخصصی والیبال با و بدون BFR بر عوامل التهابی  $CRP$ ،  $TNF-\alpha$  و ESR در دختران نوجوان والیبالیست بود.

## روش پژوهش

**نمونه های پژوهش:** جامعه آماری پژوهش حاضر را دختران نوجوان شهر بناب با حداقل یک سال سابقه فعالیت منظم در رشته والیبال تشکیل دادند. آزمودنی هایی واجد شرایط شرکت در این تحقیق بودند که در دامنه سنی ۱۴ تا ۱۷ سال قرار داشته باشند، سیگاری نبوده، سابقه بیماری های قلبی یا مزمن محدودکننده فعالیت ورزشی نداشته، در طی ۶ ماه اخیر هیچ مکمل یا داوری ضدالتهابی مصرف نکرده باشند و الگوی غذایی و خواب تقریباً منظمی داشته باشند. از میان افراد واجد شرایط، ۲۰ نفر با روش نمونه گیری در دسترس انتخاب و با تخصیص تصادفی با استفاده از نرم افزار Randomizer در یکی از دو گروه تمرین تخصصی والیبال با محدودیت جریان خون (BFR) ( $n=10$ ) و تمرین تخصصی والیبال بدون محدودیت جریان خون (N-BFR) ( $n=10$ ) قرار گرفتند. قبل از شروع پژوهش در یک جلسه توجیهی اهداف، مراحل اجرای تحقیق، و دلیل انتخاب آزمودنی های تحقیق، مزایا و معایب مشارکت در طرح به آزمودنی ها توضیح داده شد و به آزمودنی ها اطمینان داده شد که در هر مرحله ای از اجرای تحقیق می توانند بدون ارائه هرگونه توضیحی از ادامه شرکت در تحقیق انصراف دهند. سپس فرم رضایت نامه کتبی در اختیار آزمودنی ها قرار گرفت و بعد از تأیید و تکمیل فرم رضایت نامه و پرسشنامه سلامتی و تعیین زمان عادات ماهیانه در آزمون های ترکیب بدنی و نمونه گیری خونی شرکت کردند.

یک روز قبل از آغاز تمرینات تخصصی والیبال شاخص های قد، وزن و شاخص توده بدنی به ترتیب با قد سنج سکامدل ۲۲۰ با دقت یک میلی متر و بدون کفش در حالت ایستاده و ترازوی دیجیتالی کالیبره شده برند Camry ساخت چین با دقت ۱۰۰ گرم با کمترین میزان لباس اخذ شد. همچنین، خون گیری اولیه در بازه ۸-۱۴ سیکل ماهیانه به میزان ۱۰ میلی لیتر توسط متخصص مجرب آزمایشگاه جهت تعیین مقدار  $CRP$ ، ESR و  $TNF-\alpha$  اخذ شد. پس از خون گیری نیز از سلامت جسمانی آزمودنی ها توسط پزشک اطمینان حاصل شد.

**روش اجرای پژوهش:** یک روز پس از اندازه گیری های اولیه، آزمودنی های هر دو گروه BFR و N-BFR در یک جلسه فعالیت ورزشی تخصصی والیبال به مدت ۶۵ دقیقه شرکت کردند. جلسه تمرینی با گرم کردن عمومی (دو نرم، کشش های ایستا و پویا به مدت ۱۰ دقیقه) و اختصاصی (انجام تکنیک های والیبال با توپ به مدت ۱۰ دقیقه) آغاز شد و سپس گروه های BFR و N-BFR تمرینات

اختصاصی والیبال شامل اسپک، دریافت، دفاع و سرویس را به صورت ایستگاهی با شدت ۱۷-۱۸ بر اساس مقیاس درک سختی و فشار بزرگ (RPE) اجرا کردند. در گروه BFR در طی جلسه تمرینی کاف‌های محدودکننده جریان خون از بخش پروگزیمال اندام‌های تحتانی به دور ران آزمودنی‌ها در حالت درازکش بسته شد و آزمودنی‌ها به مدت دو دقیقه تمرینات اختصاصی را در این حالت اجرا کردند و پس از آن کاف‌ها باز شد و آزمودنی‌ها به مدت دو دقیقه استراحت کردند. فشار کاف‌ها روی ۱۴۰ میلی‌متر جیوه تنظیم شده بود (۳۲). در طی جلسه تمرینی جهت تسهیل کنترل باز و بسته کردن کاف‌ها و همچنین کنترل دقیق روی اجرای صحیح تمرینات، آزمودنی‌ها به چهار گروه ۵ نفره (دو گروه تمرینات تخصصی والیبال با BFR و دو گروه تمرینات تخصصی والیبال بدون BFR) تقسیم شدند. تمرینات با تقابل گروه BFR و گروه N-BFR آغاز شد به طوری که در زمان اجرای سرویس توسط گروه BFR، گروه N-BFR در زمین مقابل عمل دریافت، و هنگامی که گروه N-BFR ایستگاه اسپک را اجرا می‌کردند، گروه BFR در مقابل در ایستگاه دفاع قرار داشتند و بالعکس. تعداد ست‌ها و تکرارهای هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. در آخر جلسه تمرینی، دو گروه BFR و N-BFR نوبتی به صورت ۵×۵ بازی پشت تور را در یک ست ۵ دقیقه‌ای انجام دادند. در انتها نیز هریک از ورزشکاران جلسه را با ۱۰ دقیقه سرد کردن (دوبیدن و کشش ایستا) به پایان رساندند.

جدول ۱. پروتکل تمرینی در دو گروه تمرینی با و بدون محدودیت جریان خون

| حرکات                  | تعداد تکرار | تعداد ست | فشار کاف (میلی‌متر جیوه) | RPE   | مدت ست (دقیقه) | استراحت بین ست (دقیقه) | استراحت بین حرکت (دقیقه) | کل زمان تمرین (دقیقه) |
|------------------------|-------------|----------|--------------------------|-------|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| اسپک دریافت سرویس دفاع | ۵           | ۳        | ۱۴۰                      | ۱۷-۱۸ | ۲              | ۲                      | ۳                        | ۶۵                    |
| SSG بازی پشت تور (۵×۵) | -           | ۲        | ۱۴۰                      | ۱۷-۱۸ | ۵              | -                      | -                        | -                     |

**روش‌های آزمایشگاهی:** بلافاصله پس از تمرینات تخصصی والیبال نیز نمونه‌های خونی به میزان ۱۰ میلی‌لیتر از ورید بازویی توسط متخصص آزمایشگاه اخذ گردید و به لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد ریخته شد. نمونه‌های خونی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس با سرعت 2500 دور در دقیقه و به مدت 5 دقیقه سانتریفیوژ (دستگاه سانتریفیوژ مدل Rotoflx 32A ساخت کشور آلمان) گردید تا پلاسما آن جهت اندازه‌گیری مقادیر CRP، ESR و TNF- $\alpha$  استفاده شود. برای اندازه‌گیری سطوح TNF- $\alpha$  از کیت الایزا ساخت شرکت کارمانیا پارس ژن با حساسیت اندازه‌گیری ۲ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و برای اندازه‌گیری سطوح CRP از کیت الایزا ساخت شرکت بیومدیک بیومدیک با محدوده اندازه‌گیری در طول موج ۳۴۰ نانومتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقادیر ESR، نمونه خون در لوله وسترگرن ریخته شد و لوله به صورت عمودی در دستگاه نگهدارنده قرار گرفت. نمونه‌های خونی در دمای اتاق به مدت یک ساعت بدون حرکت باقی ماند؛ پس از یک ساعت، ارتفاع پلاسمای شفاف (بخش بالایی خون که ته‌نشین نشده است) اندازه‌گیری و ثبت شد.

**روش آماری:** تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. آمار توصیفی به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شده و آزمون شاپیروویلک جهت تعیین طبیعی بودن داده‌ها به کار گرفته شد. برای مقایسه بین گروهی از تحلیل

کوواریانس (ANCOVA) و برای مقایسه درون گروهی نیز از آزمون t وابسته استفاده شد. P-value کمتر از ۰,۰۵ از نظر آماری معنی دار در نظر گرفته شد.

## نتایج

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌های هر دو گروه BFR و N-BFR در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان در تحقیق (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

| N-BFR (n=10)    | BFR (n=10)      |                                   |
|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| ۱۵/۱۳ $\pm$ ۱/۰ | ۱۵/۱ $\pm$ ۱/۱  | سن (سال)                          |
| ۱۶۴/۱ $\pm$ ۶/۹ | ۱۶۳/۱ $\pm$ ۴/۶ | قد (متر)                          |
| ۵۹/۴ $\pm$ ۹/۸  | ۵۸/۰۷ $\pm$ ۵/۲ | وزن (کیلوگرم)                     |
| ۲۲/۶ $\pm$ ۳/۸  | ۲۱/۸ $\pm$ ۲/۴  | شاخص توده بدن ( $\text{kg/m}^2$ ) |
| ۱/۶ $\pm$ ۰/۸   | ۱/۷ $\pm$ ۰/۸   | سابقه فعالیت (سال)                |

بعد از تأیید طبیعی بودن توزیع داده‌ها در همه متغیرهای وابسته تحقیق، آزمون‌های t وابسته و ANCOVA به ترتیب برای مقایسه درون گروهی و بین گروهی استفاده شد. نتایج مربوط در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. شاخص‌های التهاب در مراحل قبل و بعد از مداخله (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

| ارزش پی<br>(بین گروهی) | ارزش پی<br>(درون گروهی) | NBFR            |               | ارزش پی<br>(درون گروهی) | BFR              |                |                          |
|------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|-------------------------|------------------|----------------|--------------------------|
|                        |                         | پیش آزمون       | پس آزمون      |                         | پیش آزمون        | پس آزمون       |                          |
| ۰/۳۶۷                  | ۰/۰۰۶                   | *۲۶ $\pm$ ۱/۵   | ۱/۳ $\pm$ ۰/۸ | ۰/۰۰۱                   | *۲/۶ $\pm$ ۱/۱   | ۱/۰۳ $\pm$ ۰/۵ | CRP (mg/dl)              |
| ۰/۵۵۹                  | ۰/۰۷۶                   | ۱۱/۶ $\pm$ ۱۱/۲ | ۶/۷ $\pm$ ۴/۶ | ۰/۰۰۱                   | ۹/۹ $\pm$ ۸/۳    | ۵/۵ $\pm$ ۲/۹  | TNF- $\alpha$<br>(pg/mL) |
| ۰/۴۶۹                  | ۰/۰۲۴                   | *۱۵/۲ $\pm$ ۷/۲ | ۹/۳ $\pm$ ۴/۶ | ۰/۰۱۶                   | *۲۰/۳ $\pm$ ۱۱/۶ | ۱۱/۴ $\pm$ ۵/۷ | ESR (mm/hr)              |

\* بیانگر معنی داری درون گروهی، # بیانگر معنی داری بین گروهی

نتایج آزمون آماری نشان داد که در هر دو گروه BFR و N-BFR افزایش معنی داری بعد از یک جلسه تمرین تخصصی والیبال در مقدار سرمی ESR و CRP مشاهده شد ( $P < ۰/۰۵$ ). همچنین، براساس مقایسه درون گروهی، بعد از مداخله مقدار TNF- $\alpha$  فقط در گروه BFR ( $P = 0/001$ ) به طور معنی داری افزایش یافت و گروه N-BFR افزایش معنی داری را تجربه نکرد ( $P = 0/076$ ). علاوه بر این، نتایج حاصل از مقایسه بین گروهی با استفاده از آزمون ANCOVA نشان داد بین گروه‌های BFR و N-BFR مقدار ESR ( $P = ۰/۴۶۹$ )، TNF- $\alpha$  ( $P = 0/۵۵۹$ ) و CRP ( $P = 0/367$ ) بعد از مداخله تفاوت معنی داری مشاهده نشد.



## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر یک جلسه تمرین تخصصی والیبال با و بدون BFR بر غلظت سرمی عوامل التهابی شامل CRP، ESR و TNF- $\alpha$  در دختران نوجوان والیبالیست بود. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که یک جلسه تمرین تخصصی والیبال با و بدون BFR باعث افزایش CRP و ESR در دختران والیبالیست شد. باوجود این، فقط گروه BFR افزایش قابل توجهی را در مقدار سرمی TNF- $\alpha$  بعد از مداخله تجربه کرد و تغییرات قابل توجهی در گروه N-BFR مشاهده نشد. همچنین، نتایج حاصل از مقایسه بین گروهی نشان داد که بین دو گروه BFR و N-BFR تفاوت معنی‌داری در مقدار CRP، ESR و TNF- $\alpha$  بعد از مداخله وجود نداشت. التهاب یک استراتژی محافظتی است که در پاسخ به عوامل مضر مانند عفونت میکروبی، آسیب بافتی و سایر شرایط خطرناک برای بدن تکامل یافته است. این یک پاسخ ایمنی حیاتی است که باعث حذف محرک‌های خطرناک برای بدن و همچنین بهبود بافت‌های آسیب‌دیده می‌شود. بنابراین التهاب حاد به‌عنوان بخشی از ایمنی ذاتی، اولین خط دفاع انسان در برابر مهاجمان خارجی و مولکول‌های خطرناک در نظر گرفته شده است. بشر صدها سال است که علائم کلاسیک التهاب را می‌شناسد که شامل قرمزی، درد، تورم و گرما می‌شود (۳۳). با این حال، ادبیات در حال ظهور نشان می‌دهد التهاب به‌عنوان سیستم بسیار پیچیده در سطح مولکولی بیش از آنچه تصور می‌شد عمل می‌کند. دوره کامل التهاب با بسیاری از فرآیندهای پیچیده در شروع، تنظیم و رفع آن همراه است. امروزه طیف متنوعی از التهاب‌ها شناسایی شده‌اند، با اشکال مختلف که توسط محرک‌های متعدد آغاز شده و توسط مکانیسم‌های تنظیمی مختلف کنترل می‌شوند (۳۳). به‌عنوان یک استراتژی محافظتی برای بدن میزبان، یکی از اهداف اصلی التهاب، بازگرداندن هموستاز سلولی در پاسخ به هر شرایط آسیب‌زا است. بنابراین مکانیسم اصلی شروع التهاب به شدت با وضعیت هموستاز بدن مرتبط است و التهاب به‌عنوان یک "پاسخ سازشی" به هر عاملی که یکپارچگی هموستاز سلولی را تهدید می‌کند، در نظر گرفته می‌شود (۳۳). در نتیجه، هرچه این پاسخ بیشتر ادامه یابد، بدن با عواقب مخرب‌تری مواجه خواهد شد. در کنار نقش مفید التهاب حاد به‌عنوان محافظ برای فیزیولوژی سلولی، پاسخ التهابی باید کمترین دوام را داشته باشد تا از تشدید شرایط نامطلوب جلوگیری شود (۳۳). در پاسخ به یک محرک مناسب مانند عفونت میکروبی، مهاجمان خارجی یا هر محرک (خارجی یا داخلی)، التهاب معمولاً در عرض چند دقیقه در بدن فرد میزبان با سیستم ایمنی ذاتی عملکردی آغاز می‌شود. از آنجایی که سیستم ایمنی ذاتی عامل اصلی التهاب است، سلول‌های ایمنی مانند ماکروفاژها، سلول‌های دندریتی، ماست سل‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها نقش مهمی در پاسخ‌های التهابی ایفا می‌کنند (۳۳، ۳۵). بر اساس ماهیت محرک‌ها، مسیرهای التهابی و بافت‌های هدف آن‌ها به‌طور قابل توجهی متفاوت است. در مورد عفونت باکتریایی، سلول‌های ایمنی از طریق گیرنده‌های ویژه بلافاصله پاتوژن‌ها را حس می‌کنند. فعال شدن گیرنده‌های ویژه باعث تولید عوامل التهابی مانند سایتوکین‌های التهابی می‌شود (مانند TNF- $\alpha$ ) و کموکاین‌ها پیشرفت التهاب را از طریق اصلاح نفوذپذیری اندوتلیال عروقی و همچنین جذب نوتروفیل‌ها در محل عفونت را تسریع می‌کنند (۳۳). مدت‌زمان پاسخ‌های التهابی بسته به میزان آسیب ناشی از پاتوژن‌ها متفاوت است. در بیشتر موارد، این پاسخ‌ها از طریق تولید بیش‌ازحد سیتوکین‌های التهابی، که واسطه ترشح پروتئین‌های فاز حاد (یعنی CRP) توسط سلول‌های کبدی هستند، به سمت اثرات سیستمی گسترش می‌یابند. این پروتئین‌ها، به نوبه خود، اندوتلیوم مغز را تحریک می‌کنند و تولید پروستاگلندین‌ها را تسهیل می‌کنند که دلیل اصلی شروع علائم (مانند درد و تب) از طریق تأثیر بر سیستم عصبی مرکزی هستند (۳۳، ۳۴).

فعالیت ورزشی به‌عنوان تعدیل‌کننده مهم سیتوکین‌ها و کموکاین‌ها شناخته شده می‌شود و روی پتانسیل فعالیت ورزشی برای پیشگیری و درمان بیماری‌های دارای منشأ التهابی تمرکز شده است (۳۶، ۳۷). باوجود این، مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که

سیتوکین‌ها و کموکاین‌های مختلف در پاسخ به یک جلسه فعالیت ورزشی می‌تواند افزایش یابد (۳۸، ۳۹). اگرچه مکانیسم دقیق افزایش عوامل التهابی مشخص نیست، اما شواهد نشان می‌دهد هنگام فعالیت ورزشی حاد گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) توسط عضله تولید شده و این عوامل باعث رهایش سایتوکین‌های التهابی به داخل خون می‌شود (۱۷). نتایج حاصل از مطالعه حاضر نیز نشان داد که تمرین تخصصی والیبال بدون BFR مقدار CRP و ESR را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما مقدار سرمی  $TNF-\alpha$  بعد از مداخله در دختران نوجوان والیبالیست افزایش قابل توجهی مشاهده نشد. مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر رهایش عوامل التهابی در پاسخ به فعالیت ورزشی حاد شدت فعالیت ورزشی می‌باشد (۴۰) و احتمالاً تمرین تخصصی والیبال با شدت ۱۷ الی ۱۸ بر اساس مقیاس میزان درک خستگی (RPE) از شدت لازم برای افزایش سطح سرمی  $TNF-\alpha$  برخوردار نبود. باوجود این، براساس یافته‌های تحقیق حاضر، تمرین تخصصی والیبال با BFR باعث افزایش معنی‌دار در مقدار سرمی CRP،  $TNF-\alpha$  و ESR در دختران نوجوان والیبالیست شد. در این زمینه، رحمتی و همکاران (۲۰۱۶)، با مطالعه‌ای روی ۲۴ مرد فعال جهت بررسی تأثیر حاد رکاب زدن زیر بیشینه با BFR روی چرخ کارسنج بر سطح سرمی  $TNF-\alpha$ ، نشان داد که رکاب زدن با و بدون BFR تأثیری بر افزایش سطح سرمی  $TNF-\alpha$  در مردان فعال ندارند (۴۰). اگرچه نتایج حاصل از مطالعاتی که تأثیر حاد تمرینات BFR بر التهاب را مورد بررسی قرار داده‌اند محدود و متناقض هستند اما به دلیل اینکه این نوع از تمرینات باعث ایجاد ایسکمی بیشتر در مقایسه با تمرینات عادی در عضلات موردنظر شده و حوضچه خونی موقت در عضلات به وجود می‌آورد باعث تجمع مواد متابولیکی مانند اسیدلاکتیک در عضلات شده و می‌تواند به رهایش سایتوکین‌ها و ایجاد التهاب بیشتر در بدن منجر شود (۴۰).

از نقاط قوت این مطالعه، بررسی شاخص‌های التهابی در قالب یک فعالیت تخصصی مرتبط با والیبال است که برخلاف بسیاری از پژوهش‌ها، صرفاً روی تمرینات هوازی یا مقاومتی متمرکز نشده است. همچنین، باتوجه به اینکه تاکنون تأثیر فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون روی والیبالیست‌های دختر بررسی نشده است و از سوی دیگر، این نوع تمرینات علاوه بر اثرگذاری بر شاخص‌های التهابی، می‌تواند به افزایش قدرت، توان و فعال سازی مسیرهای آنابولیک منجر شود، این تحقیق از نوع آوری و اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد زیرا التهاب حاد می‌تواند به پاسخ‌هایی مفید و واکنش‌های بعدی سیستم‌های دفاعی و هموستازی بدن منجر شود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم دسترسی به حجم نمونه بزرگ‌تر و عدم اندازه‌گیری عوامل التهابی ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از مداخله اشاره کرد. همچنین، در مطالعه حاضر سایر عوامل التهابی مهم نظیر IL-6 و IL-10 مورد ارزیابی قرار نگرفت. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده از حجم نمونه بزرگ‌تر، تعداد دفعات خون‌گیری بیش‌تر بعد از مداخله و سایر عوامل التهابی نیز در نظر گرفته شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یک جلسه تمرینات تخصصی والیبال با و بدون محدودیت جریان خون، باعث ایجاد پاسخ‌های التهابی می‌شود و این پاسخ در گروه BFR به دلیل فشار متابولیکی و مکانیکی در مقایسه با گروه NBFR (فشار مکانیکی صرف) بیشتر بوده است.

## تشکر و قدردانی

از همهٔ آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

## حمایت مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده و برگرفته از پایان نامهٔ کارشناسی ارشد است.

## مشارکت نویسندگان

در این پژوهش نویسندهٔ اول دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی و نویسندهٔ دوم و سوم به ترتیب راهنمایی و مشاوره پایان نامه را عهده دار بودند.

## تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی در دست نیست.

## منابع

1. Reeser JC, Verhagen E, Briner WW, Askeland T, Bahr R. Strategies for the prevention of volleyball related injuries. *British journal of sports medicine*. 2006;40(7):594-600.
2. Gabbett T, Georgieff B, Domrow N. The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of sports sciences*. 2007;25(12):1337-44.
3. Shavandi N, Saremi A. Physiological and anthropometric characteristic of Iranian national volleyball players according to their playing position. *Metabolism and Exercise*. 2012;2(1):-.
4. Haugen T, Seiler S, Sandbakk Ø, Tønnessen E. The training and development of elite sprint performance: an integration of scientific and best practice literature. *Sports medicine-open*. 2019;5:1-16.
5. Ciccarone G, Croisier J-L, Fontani G, Martelli G, Albert A, Zhang L, et al. Comparison between player specialization, anthropometric characteristics and jumping ability in top-level volleyball players. *Medicina dello Sport: Rivista di Fisiopatologia dello Sport*. 2008;61.
6. Suresh A, Perinbaraj SB. Effect of saq training associated with speed training on agility explosive power and speed among engineering college sports persons. *International Journal of Recent Research and Applied Studies*. 2016;3(6):12.
7. Burd NA, Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Phillips SM. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2012;37(3):551-4.
8. Schoenfeld BJ, Wilson JM, Lowery RP, Krieger JW. Muscular adaptations in low-versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European journal of sport science*. 2016;16(1):1-10.
9. Feng Y, Yin Y, Zhao X, Zhang Y, Zhou Y, Wu Z. A bibliometric analysis study of blood flow restriction using CiteSpace. *Journal of physical therapy science*. 2022;34(10):657-67.
10. Pignatelli C, Christiansen D, Burr JF. Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *Journal of Applied Physiology*. 2021.

11. Wortman RJ, Brown SM, Savage-Elliott I, Finley ZJ, Mulcahey MK. Blood flow restriction training for athletes: a systematic review. *The American journal of sports medicine*. 2021;49(7):1938-44.
12. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in physiology*. 2019;10:533.
13. Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(9):2523-9.
14. Loenneke JP, Young KC, Wilson JM, Andersen J. Rehabilitation of an osteochondral fracture using blood flow restricted exercise: a case review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2013;17(1):42-5.
15. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(4):1119-24.
16. Rossi FE, De Freitas MC, Zanchi NE, Lira FS, Cholewa JM. The role of inflammation and immune cells in blood flow restriction training adaptation: a review. *Frontiers in physiology*. 2018;9:1376.
17. Asadi MB, Sharifi H, Abedi B, Fatolahi H. Acute inflammatory response to a single bout of resistance exercise with or without blood flow restriction. *International Journal of Sport Studies for Health*. 2020;3(2).
18. Mosaferi-Ziaadini M, Ebrahim K, Amani D, Arabnarmi Z. Effect of supplementary consumption of coenzyme Q10 on TNF- $\alpha$  serum levels during maximal training. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2012;12(3):303-11.
19. Shirvani H, Nikbakht H, Ebrahim Kh G. The effects of soccer specific exercise and Taurine supplementation on serum cytokine response in male elite soccer players. *Ann Biol Res*. 2012;3(9):4420-6.
20. Ahnach M, Zbiri S, Nejari S, Ousti F, Elkettani C. C-reactive protein as an early predictor of COVID-19 severity. *Journal of medical biochemistry*. 2020;39(4):500.
21. Herold T, Jurinovic V, Arnreich C, Lipworth BJ, Hellmuth JC, von Bergwelt-Baildon M, et al. Elevated levels of IL-6 and CRP predict the need for mechanical ventilation in COVID-19. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2020;146(1):128-36. e4.
22. Ahmadi M, Shadmehri S. The effect of a single bout of aerobic exercise on ergometer on inflammatory and hormonal markers in active girls. *Report of Health Care*. 2018;4(1):44-54.
23. Dömling A, Li X. TNF- $\alpha$ : The shape of small molecules to come? *Drug discovery today*. 2022;27(1):3-7.
24. Deng X, Yu X, Pei J. Regulation of interferon production as a potential strategy for COVID-19 treatment. *arXiv preprint arXiv:200300751*. 2020.
25. Cheng Y, Desse S, Martinez A, Worthen RJ, Jope RS, Beurel E. TNF $\alpha$  disrupts blood brain barrier integrity to maintain prolonged depressive-like behavior in mice. *Brain, behavior, and immunity*. 2018;69:556-67.
26. Fardell C, Schiöler L, Nissbrandt H, Torén K, Åberg M. The erythrocyte sedimentation rate in male adolescents and subsequent risk of Parkinson's disease: an observational study. *Journal of Neurology*. 2021;268(4):1508-16.
27. Kaya T, Nalbant A, Kılıçcioğlu GK, Çayır KT, Yaylacı S, Varım C. The prognostic significance of erythrocyte sedimentation rate in COVID-19. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2021;67:1305-10.
28. Alende-Castro V, Alonso-Sampedro M, Fernández-Merino C, Sánchez-Castro J, Sopena B, Gude F, et al. C-reactive protein versus erythrocyte sedimentation rate: implications among patients with No known inflammatory conditions. *The Journal of the American Board of Family Medicine*. 2021;34(5):974-83.
29. Darras A, John T, Wagner C, Kaestner L. Erythrocyte sedimentation rate: a physics-driven characterization in a medical context. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*. 2023(193):e64502.
30. Lapić I, Padoan A, Bozzato D, Plebani M. Erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein in acute inflammation: meta-analysis of diagnostic accuracy studies. *American journal of clinical pathology*. 2020;153(1):14-29.
31. Susanti EW. Literature Review: An Overview of the Results of the Westergreen Unisa Yogyakarta Method Led (Blood Stimulation Rate) Examination in Pulmonary Tuberculosis Patients. *Unisa Yogyakarta*. 2022:11-1.
32. Hackney KJ, Downs ME, Ploutz-Snyder L. Blood flow restricted exercise compared to high load resistance exercise during unloading. *Aerospace medicine and human performance*. 2016;87(8):688-96.
33. Ahmed AU. An overview of inflammation: mechanism and consequences. *Frontiers in Biology*. 2011;6(4):274-81.
34. Medzhitov R. Inflammation 2010: new adventures of an old flame. *Cell*. 2010;140(6):771-6.
35. Akira S, Uematsu S, Takeuchi O. Pathogen recognition and innate immunity. *Cell*. 2006;124(4):783-801.
36. Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays in biochemistry*. 2006;42:105-17.
37. La Gerche A, Heidbuchel H. Can intensive exercise harm the heart? You can get too much of a good thing. *Circulation*. 2014;130(12):992-1002.

38. La Gerche A, Inder WJ, Roberts TJ, Brosnan MJ, Heidbuchel H, Prior DL. Relationship between inflammatory cytokines and indices of cardiac dysfunction following intense endurance exercise. PloS one. 2015;10(6):e0130031.
39. Accattato F, Greco M, Pullano SA, Carè I, Fiorillo AS, Pujia A, et al. Effects of acute physical exercise on oxidative stress and inflammatory status in young, sedentary obese subjects. PloS one. 2017;12(6):e0178900.
40. Rahmati S, Rajabi H, Karimzadeh L. The Chronic and Acute Effect of Submaximal Pedaling Activity along with Blood Flow Restriction on Serum BDNF and TNF- $\alpha$  in Active Men. Journal of Sport Biosciences. 2016;8(2):247-62.

نسخه  
پیش  
انتشار