

Evaluation of Changes in Interleukin-6, C-Reactive Protein and Immune System in Pulmonary Patients Aged 6 to 17 Years Following Thoracotomy Surgery After Eight Weeks of Aerobic Exercise

Kalantary L¹, Jalali Dehkordi Kh², Taghian F³, Omid M⁴

- 1- PhD Student, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
- 2- Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
- 3-Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
- 4- Department of Pediatric Surgery, Faculty of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Abstract

Received: 2025.02.01 Accepted: 2025.08.17

Purpose: Thoracotomy surgery can lead to inflammation and related complications in patients. This inflammation may result in increased inflammatory factors such as C-Reactive Protein (CRP), Interleukin-6 (IL-6), Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR), Platelets, Neutrophils, Lymphocytes, and Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR), which negatively affect the recovery process of these patients. Aerobic exercises, as a non-pharmacological intervention, can help improve immune system function and reduce inflammation. The aim of this study was to evaluation of changes in interleukin-6, c-reactive protein, and immune system in pulmonary patients aged 6 to 17 years following thoracotomy surgery after eight weeks of aerobic exercise.

Methods: This semi-experimental, applied research was conducted with a pre-test and post-test design. The study population consisted of patients aged 6 to 17 years who required thoracotomy surgery. The sample consisted of 24 participants. To achieve randomization and minimize allocation bias, the Sealed Envelope Method was used for participant assignment. Aerobic exercises began one week after surgery and were performed on a treadmill for eight weeks, five sessions per week. The exercises were designed based on the principle of progressive overload and included 5–10 minutes of warm-up and cool-down in each session. The training intensity started at 30–40% of maximum heart rate and was gradually increased to 60–70%. The control group received standard care and did not receive any interventions. The serum levels of CRP, ESR, IL-6, NLR, and platelets were measured one week after surgery and 48 hours after the last exercise session. The data were analyzed using Paired t-test and Analysis of Covariance (ANCOVA) at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The results showed that aerobic exercise had no significant effect on the levels of CRP ($p=0.905$, $\eta^2=0.001$), IL-6 ($p=0.196$, $\eta^2=0.091$), ESR ($p=0.264$, $\eta^2=0.069$), platelets ($p=0.562$, $\eta^2=0.019$), and NLR ($p=0.622$, $\eta^2=0.014$).

Conclusion: Eight weeks of aerobic exercise in patients following thoracotomy surgery was associated with a non-significant reduction in CRP, ESR, IL-6, NLR, and platelet levels compared to the control group. Although these changes were not statistically significant, the observed trend may indicate potential beneficial effects of aerobic exercise on reducing inflammation. Therefore, further studies with larger sample sizes, longer intervention periods, and exercise intensity optimized according to patients' clinical status are recommended to more accurately evaluate the efficacy of this intervention.

Keywords: Aerobic exercise, Inflammatory markers, Thoracotomy surgery, Pulmonary

Corresponding Author: Khosro Jalali Dehkordi

Email: khosrojalali@iau.ac.ir,

ORCID: [0000-0003-0210-5984](https://orcid.org/0000-0003-0210-5984)



Copyright © 2025 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Kalantary L, Jalali Dehkordi Kh, Taghian F, Omid M. Evaluation of Changes in Interleukin-6, C-Reactive Protein, and Immune System in Pulmonary Patients Aged 6-17 Years Following Thoracotomy Surgery After Eight Weeks of Aerobic Exercise. *JPSR* 2025; 14(1): 20-32. DOI: 10.22038/jpsr.2025.83191.2662

بررسی تغییرات سطح اینترلوکین ۶، پروتئین واکنشی C و سیستم ایمنی در بیماران ریوی ۶ تا ۱۷ سال پس از

جراحی توراکوتومی به دنبال هشت هفته تمرین هوازی

لیلی کلانتری^۱، خسرو جلالی دهکردی^۲، فرزانه تقیان^۳، محمد امید^۴

هدف: جراحی توراکوتومی می‌تواند منجر به بروز التهاب و عوارض مرتبط با آن در بیماران شود. این التهاب می‌تواند به افزایش فاکتورهای التهابی مانند پروتئین واکنشگر سی (C-Reactive Protein; CRP)، اینترلوکین-۶ (IL-6; Interleukin-6)، سرعت رسوب گلبول قرمز (Erythrocyte Sedimentation Rate)، پلاکت‌ها (Platelets)، نوتروفیل‌ها (Neutrophils)، لنفوسیت‌ها (Lymphocytes) نسبت نوتروفیل به لنفوسیت (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio; NLR) منجر شود که تأثیر منفی بر روند بهبودی این بیماران دارد. تمرینات هوازی به عنوان یک مداخله غیر دارویی، می‌تواند به بهبود عملکرد سیستم ایمنی و کاهش التهاب کمک کنند. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات سطح اینترلوکین ۶، پروتئین واکنشی C و سیستم ایمنی در بیماران ریوی ۶ تا ۱۷ سال پس از جراحی توراکوتومی به دنبال هشت هفته تمرین هوازی است

روش بررسی: این پژوهش به صورت نیمه تجربی از نوع کاربردی با طرح پیش آزمون - پس آزمون انجام شد. جامعه آماری این مطالعه شامل بیماران ۶ تا ۱۷ سال بود که نیاز به جراحی توراکوتومی داشتند. حجم نمونه ۲۴ نفر بود که نمونه‌گیری به صورت تصادفی انجام شد. برای تصادفی سازی و جلوگیری از سوگیری در تخصیص، از روش پاکت های مهروموم شده (Sealed Envelope Method; SEM) استفاده شد. تمرینات هوازی یک هفته پس از جراحی آغاز و به مدت ۸ هفته، ۵ جلسه در هفته روی نوار گردان اجرا شد. تمرینات با رعایت اصل اضافه بار تنظیم شده و شامل ۵-۱۰ دقیقه گرم و سرد کردن در هر جلسه بود. شدت تمرین از ۳۰-۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب شروع و به تدریج به ۶۰-۷۰ درصد افزایش یافت. گروه کنترل تحت مراقبت استاندارد بودند و هیچ گونه مداخله دریافت نکردند. سطح سر می CRP، ESR، IL-6، NLR و پلاکت ها یک هفته بعد از جراحی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از روش آنالیز واریانس با اندازه های تکراری در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که تمرینات هوازی تأثیر معنادار بر میزان CRP ($p=0/095$ ، $\eta^2=0/001$)، IL-6 ($p=0/196$)، ESR ($p=0/264$ ، $\eta^2=0/069$)، پلاکت‌ها ($p=0/562$ ، $\eta^2=0/19$) و NLR ($p=0/622$ ، $\eta^2=0/14$) نداشته است.

نتیجه گیری: هشت هفته تمرینات هوازی در بیماران پس از جراحی توراکوتومی با کاهش غیر معنادار مقادیر ESR، IL-6، NLR و پلاکت‌ها نسبت به گروه کنترل همراه بود. هرچند این تغییرات از نظر آماری معنادار نبودند، اما روند مشاهده شده می‌تواند بیانگر اثرات بالقوه مثبت تمرینات هوازی بر کاهش التهاب باشد. بر این اساس، انجام پژوهش‌های بیشتر با حجم نمونه بالاتر، دوره تمرینی طولانی‌تر و شدت تمرین بهینه شده بر اساس وضعیت بالینی بیماران برای ارزیابی دقیق‌تر این مداخله توصیه می‌شود

کلمات کلیدی: تمرین هوازی، شاخص‌های التهابی، جراحی توراکوتومی، ریه

نویسنده مسئول: خسرو جلالی دهکردی، khosrojalali@iau.ac.ir ORCID: 0000-0003-0210-5984

آدرس: اصفهان، ارغوانیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- استاد گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۴- گروه جراحی کودکان، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

بیماری‌های مختلفی مانند سرطان ریه، تومورهای مدیاستن، عفونت‌های شدید ریه مانند امپیم و امفیزم، کیست هیداتیک ریه و برخی از بیماری‌های قلبی و عروقی به کار می‌رود (۱). توراکوتومی در کودکان معمولاً برای

توراکوتومی یک عمل جراحی مهم و حیاتی است که به منظور دسترسی به ریه‌ها و ساختارهای داخلی قفسه سینه انجام می‌شود. این روش برای تشخیص و درمان

لنفوسیت B و لنفوسیت T، شروع می شود. هر دو نوع پاسخ ایمنی، به همراه سیتوکین ها نقش عمده ای در التهاب ایفا می کنند. سطوح نرمال سیتوکین ها برای عملکردهای فیزیولوژیکی سیستم ایمنی ضروری است. افزایش بیش از حد سیتوکین های التهابی تأثیر منفی بر عملکرد طبیعی بدن دارد و می تواند منجر به از دست رفتن عملکرد ارگان ها شود. مکانیزم پاتولوژیک اثر منفی سیتوکین ها در مراحل پیشرفته التهاب سیستمیک می تواند شامل آسیب به غشای سلولی، انعقاد داخل عروقی منتشر (Disseminated intravascular coagulation; DIC) و آسیب ایسکمی-پرفیوژن با اختلال عملکرد مویرگی باشد که باعث افزایش عوارض پس از عمل می شود. در طی پاسخ التهابی سیستمیک، مقادیر زیادی نوتروفیل های نابالغ از مغز استخوان به گردش خون وارد می شوند که این امر باعث افزایش شمار لکوسیت ها بعد از جراحی می شود و همچنین به دلیل فرآیند آپوپتوز (مرگ برنامه ریزی شده سلولی) پس از جراحی، تعداد لنفوسیت ها در روزهای بعد از جراحی کاهش می یابد (۸). بیماران تحت جراحی های قفسه سینه نیز، با پاسخ التهابی شدیدی مواجه می شوند که با آزاد شدن ناگهانی سیتوکین های التهابی به دلیل آسیب های ایسکمی-پرفیوژن همراه است، این سیتوکین ها به جریان خون سیستمیک وارد شده و خطر بروز عوارض پس از جراحی را افزایش می دهند ۱۹/۹/۲۰۲۵. پروتئین های فاز حاد از جمله پروتئین واکنش گر سی (C-Reactive Protein; CRP)، اینترلوکین-۶ (IL-6; Interleukin-6)، فاکتور نکروز تومور آلفا (Tumor Necrosis Factor Alpha; TNF-α) می باشند که می توانند نقش مهمی در پیامدهای بعد از عمل داشته باشند. سطح IL-6 یک ساعت پس از آسیب جراحی افزایش می یابد و بین ۲ تا ۴ ساعت بعد از عمل به اوج خود می رسد، که خطر آسیب های بیشتر ریه و عفونت ها را افزایش می دهد (۱۰). سیتوکین ها در پاسخ های التهابی نقش حیاتی دارند و تنظیم کننده های اساسی مکانیزم های ترمیم آسیب هستند ۱۹/۹/۲۰۲۵. پاسخ های التهابی بدن به توراکتومی و جراحی های مشابه، نقش مهمی در روند بهبود بیمار ایفا می کنند. پارامترهای التهابی مانند نسبت نوتروفیل به لنفوسیت (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio; NLR) IL-6، CRP، سرعت رسوب گلبول قرمز (Erythrocyte

درمان ناهنجاری های مادرزادی، تومورها و عفونت ها انجام می شود و با عوارض جدی مانند خونریزی شدید، هیپوکسی، پنوموتوراکس، آتلکتازی، عفونت های مکرر قفسه سینه و تغییر شکل قفسه سینه می تواند همراه باشد (۲). در دوران همه گیری کوید ۱۹ با توجه به افزایش عفونت های باکتریایی ثانویه و پیچیدگی های مرتبط با این وضعیت، استفاده از توراکتومی برای خارج کردن چرک و برداشتن لایه های بافت ملتهب، ضخیم و فیبروز شده اطراف ریه خصوصا کودکان گاه ضروری است (۳)؛ بنابراین، ویروس کوید-۱۹ می تواند باعث پنومونی شدید و عفونت ریه شود که در نهایت نیاز به جراحی توراکتومی را ضروری می سازد (۴). توراکتومی اضطراری در کودکان با نرخ بقای بین ۰ تا ۲۶ درصد، نشان دهنده چالش ها و مخاطرات بالای این عمل است (۵). علاوه بر این، پاسخ التهابی شدید که در اثر آسیب های ناشی از جراحی ایجاد می شود، می تواند به طور مستقیم بر بهبودی بیماران تأثیر منفی بگذارد لذا نظارت دقیق پس از عمل توراکتومی برای تشخیص و مدیریت این عوارض به موقع بسیار حیاتی است (۲). در کودکان و نوجوانان، پاسخ فیزیولوژیکی به جراحی و همچنین پاسخ التهابی به محرک های بیرونی نظیر ورزش، با بزرگسالان متفاوت است. این گروه سنی به دلیل رشد فعال سیستم ایمنی، تنفسی و عصبی، واکنش هایی متفاوت و گاه حساس تر نسبت به استرس های فیزیکی از خود نشان می دهند. به علاوه، ریسک بروز عوارض ریوی پس از جراحی توراکتومی در این گروه سنی به دلایل ساختاری و عملکردی (مانند محدودیت در تنفس عمیق، تحمل درد و همکاری پایین تر در فیزیوتراپی) بیشتر است (۶). در عین حال، مرور ادبیات علمی نشان می دهد که اغلب پژوهش ها در حوزه مداخلات ورزشی پس از جراحی توراکتومی، بر بزرگسالان متمرکز بوده اند و اطلاعات محدودی درباره کودکان و نوجوانان در دسترس است (۷). التهاب سیستمیک (Systemic Inflammation; SI) پاسخ سیستم ایمنی است که به حفظ توازن بدن کمک می کند. هر عمل جراحی منجر به بروز التهاب سیستمیک می شود که شدت آن بستگی به میزان آسیب ناشی از جراحی دارد. در ساعات اولیه پس از آسیب، ایمنی ذاتی، شامل نوتروفیل ها و ماکروفاژها، نقش اصلی را در دفاع از بدن ایفا می کند و پس از آن، پاسخ ایمنی اکتسابی یعنی ایمنی هومورال و ایمنی سلولی، شامل

(European Respiratory Society; ERS) در بیانیه های خود اشاره کرده اند که تمرینات ورزشی بر مبنای بازتوانی ریوی نه تنها برای بیماران مبتلا به COPD، بلکه برای سایر بیماری های تنفسی مانند سرطان ریه، فیبروزیس کیستیک، برونشکتازی و بیماری های عصبی-عضلانی نیز سودمند است. تمرینات ورزشی که بخش اصلی بازتوانی ریوی را تشکیل می دهند، شامل تمرینات هوازی، مقاومتی، تناوبی و تمرینات عضلات تنفسی است (۲۱). در پژوهشی Lu و همکاران (۲۲) نشان دادند که تمرینات ورزشی تای چی به مدت ۱۲ هفته پس از جراحی سرطان ریه، قابل انجام و مؤثر است. این برنامه باعث بهبود در عملکرد فیزیکی، کیفیت زندگی و سلامت روانی بیماران پس از جراحی سرطان ریه را نشان داد. Illini و همکاران (۲۳) با مطالعه بر یک برنامه توانبخشی ۶ هفته ای بر سیستم ریوی، بهبود عملکرد ورزشی بیماران را مشاهده کردند. مطالعه Ilić همکاران (۲۴) نشان داد که ورزش منظم می تواند به کاهش CRP، IL-6 و NLR منجر شود و از این طریق به بهبود وضعیت عمومی بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونر کمک کند. لذا این تحقیق با هدف تغییرات سطح اینترلوکین ۶، پروتئین واکنشی C و سیستم ایمنی در بیماران ریوی ۶ تا ۱۷ سال پس از جراحی توراوتومی به دنبال هشت هفته تمرین هوازی انجام شده است. نتایج این تحقیق می تواند به ارائه راهکارهای عملی برای بهبود روند بهبود بیماران و کاهش عوارض پس از جراحی کمک کند.

روش بررسی

این مطالعه با رویکرد نیمه تجربی و ماهیت کاربردی، در قالب طرح پیش آزمون-پس آزمون طی سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. جامعه پژوهش را بیماران کاندیدای جراحی توراوتومی تشکیل دادند که در بیمارستان کودکان امام حسین (ع) اصفهان بستری بودند. حجم نمونه بر اساس محاسبات آماری تعیین شد. با استفاده از نرم افزار G*Power با سطح معناداری ۰/۰۵، توان آماری ۸۰٪ و اندازه اثر مورد انتظار ۰/۳ تعداد ۲۴ نفر (۱۲ نفر در هر گروه) به دست آمد. در این مطالعه، ۲۴ بیمار واجد شرایط به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (تمرین هوازی) و کنترل تخصیص داده شدند. برای انجام تصادفی سازی و جلوگیری از هرگونه سوگیری در

(Sedimentation Rate; ESR) و پلاکت ها (Platelets) از جمله مهم ترین نشانگرهایی هستند که در ارزیابی وضعیت التهابی بیمار مورد استفاده قرار می گیرند. در حوضه سلامت، می توان از این نشانگرها جهت بررسی اثرات ضدالتهابی تمرینات ورزشی منظم و مکرر، به ویژه در بیمارانی که دچار التهاب مزمن هستند، استفاده کرد (۱۲). توراوتومی به دلیل ایجاد آسیب های جراحی و تحریک سیستم ایمنی، معمولاً با افزایش شاخص های التهابی همراه است که این افزایش می تواند به عوارض بعد از جراحی مانند عفونت ها، اختلالات تنفسی، و بهبود کندتر زخم ها منجر شود (۱۳). نتایج تحقیقات نشان داد که استفاده از تمرینات هوازی می تواند تأثیرات مثبتی بر کاهش شاخص های التهابی داشته باشند و روند بهبود بیماران را تسریع کند (۱۴). مطالعات نشان داده است تمرینات هوازی می توانند به عنوان بخش مهمی از برنامه های توانبخشی ریوی پس از جراحی سرطان ریه مورد استفاده قرار گیرند و به بهبود وضعیت عمومی بیماران کمک می کند (۱۵). بیماران مبتلا به سرطان ریه که بیماری انسداد مزمن ریه (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) دارند، ممکن است با علائم بیشتری مانند مشکلات تنفسی، ظرفیت پایین فعالیت و افسردگی مواجه شوند. شواهد نشان می دهند که تنگی نفس و تحمل پایین فعالیت پس از عمل با کاهش بقای بیماران مبتلا به سرطان ریه مرتبط است (۱۶). بیماران پس از جراحی سرطان ریه که تحت تمرینات مقاومتی و تمرینات هوازی قرار می گیرند، می توانند استقامت پیاده روی خود را افزایش داده و تنگی نفسشان کاهش یابد (۱۷، ۱۸). تمرینات هوازی با تقویت عضلات تنفسی، می تواند در بهبود عملکرد تنفسی، افزایش انطباق با درمان و کاهش عوارض بعد از عمل کمک کننده باشد (۱۹). این یافته ها ایده جدیدی به نام بازتوانی ریوی را برای جراحان قفسه سینه معرفی کرده است. در گذشته، تمرینات ورزشی ریوی تنها برای افرادی با بیماری های تنفسی مزمن مانند COPD مناسب تلقی می شد (۲۰)، اما با انتشار دستورالعمل های جدید و نتایج برخی مطالعات بالینی متعدد، روشن شده است که بازتوانی ریوی برای بیماران مبتلا به سرطان ریه پس از جراحی نیز مفید است (۱۶). انجمن قفسه سینه آمریکا (American Thoracic Society; ATS) و انجمن تنفسی اروپا

صورت تصادفی تقسیم شدند. گروه تجربی تحت یک پروتکل تمرینی هوازی قرار گرفت، در حالی که یک گروه کنترل وجود داشت که از نظر سن، جنس و وضعیت پایه ای با گروه تمرین همسان سازی شده بود. این گروه در طول دوره ی پژوهش هیچ برنامه ی تمرینی خاصی دریافت نکرد و صرفاً به فعالیت های عادی روزمره خود ادامه دادند. به منظور کنترل اثرات مداخله، از آن ها خواسته شده بود که از شرکت در هرگونه تمرین منظم یا برنامه دار خارج از روال عادی خودداری کنند. در طول مطالعه، آزمودنی ها در هر مرحله امکان انصراف از ادامه تحقیق را داشتند. همچنین، پیش از هر جلسه تمرین، وضعیت سلامت آن ها از جمله فشارخون، ضربان قلب و سطح اکسیژن خون مورد بررسی قرار گرفت تا از ایمنی تمرینات اطمینان حاصل شود. با توجه به شرایط خاص نمونه های پژوهش (کودکان و نوجوانان مبتلا به بیماری ریوی با سابقه جراحی توراکتومی)، گردآوری نمونه ای بزرگتر با معیارهای ورود دقیق، در مدت زمان تعیین شده مقدور نبود. با این حال، برای اطمینان از کفایت حجم نمونه، پیش از شروع تحلیل، آزمون توان آماری (Power Analysis) انجام شد و نشان داد که با اندازه اثر متوسط، این نمونه برای شناسایی تفاوت های معنادار آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ کافی است. همچنین، در تحلیل داده ها از آزمون آنالیز واریانس با اندازه های تکراری استفاده شد تا تأثیر نوسانات پیش آزمون و متغیرهای زمینه ای مانند سن کنترل شود. شرکت کنندگان در بازه سنی ۶ تا ۱۷ سال قرار داشتند که از نظر رشد جسمانی و فیزیولوژیکی طیفی گسترده را در بر می گیرد. به منظور کاهش ناهمگنی نمونه، تلاش شد که توزیع سنی در هر دو گروه تمرین و کنترل تا حد ممکن مشابه باشد. همچنین متغیر سن به عنوان عامل همپراکننده در تحلیل ها لحاظ گردید.

پروتکل تمرین

به دلیل محدودیت های موجود و شرایط بیماران، از تست ورزش حداکثر برای تعیین HRmax استفاده نشد و این مقدار با فرمول فرمول ($HR_{max} = 220 - \text{سن}$) تخمین زده شد. که در آن HRmax ضربان قلب بیشینه (تخمینی) بر حسب ضربه در دقیقه (bpm) و سن بیمار بر حسب سال است. سپس ذخیره ضربان قلب (HRR) با

تخصیص شرکت کنندگان، از روش پاکت های مهر و موم شده (Sealed Envelope Method; SEM) استفاده شد. پیش از شروع مطالعه، ۱۲ کارت با برچسب تمرین و ۱۲ کارت با برچسب کنترل تهیه گردید. این کارت ها به صورت تصادفی درون ۲۴ پاکت مات و غیرشفاف قرار داده شدند و سپس پاکت ها مهر و موم شدند. ترتیب قرارگیری کارت ها در پاکت ها توسط فردی مستقل و خارج از تیم پژوهشی به طور تصادفی تعیین شد. هنگام ورود هر شرکت کننده به مطالعه، بدون اطلاع از محتوای پاکت ها، یکی از پاکت ها به صورت تصادفی انتخاب و باز می شد و بر اساس محتوای آن، فرد به گروه تمرین یا کنترل تخصیص می یافت. جامعه آماری این مطالعه شامل بیمارانی ۶ تا ۱۷ سال بود که نیاز به جراحی توراکتومی داشتند و جراحی شدند. بیماران دارای بیماری های همراه تأثیرگذار بر پاسخ های التهابی، مانند آسم، نقص ایمنی، بیماری های مزمن التهابی یا مصرف داروهای سرکوب کننده سیستم ایمنی، از مطالعه حذف شدند تا اثر خالص تمرین هوازی بر شاخص های التهابی بررسی شود. همچنین، معیار BMI کمتر از ۲۵ برای انتخاب نمونه در نظر گرفته شد تا اثرات ناشی از اضافه وزن یا چاقی که می توانند خود باعث افزایش التهاب مزمن شوند، کنترل شود بنابراین برای ورود آزمودنی ها به پژوهش باید معیارهای زیر بررسی می شد: (۱) رزکسیون هیچ قسمتی از ریه (۲) شاخص توده بدنی ($\text{Body Mass Index; BMI}$)، زیر ۲۵. (۳) نداشتن نقص و یا منع جسمی و یا روانی که مانع یادگیری و انجام تمرین های هوازی شود (۴) داشتن رضایت برای مشارکت در طرح. معیارهای خروج از مطالعه نیز به صورت زیر است: (۱) عدم تأیید پزشک معالج جهت شرکت در تمرین یا ادامه آن؛ (۲) عود بیماری در طول مطالعه؛ (۳) نیاز به اکسیژن تراپی (SpO_2 زیر ۹۰٪)؛ (۴) غیبت بیش از ۳ جلسه در طول دوره ی مداخله؛ (۵) عدم تمایل بیمار برای ادامه تحقیقات. پس از شناسایی و انتخاب بیماران مناسب بر اساس معیارهای فوق، اهداف، جزئیات و نحوه اجرای مطالعه به آزمودنی ها شرح داده شد و رضایت نامه کتبی و آگاهانه از والدین بیمار دریافت گردید (۲۵).

در ابتدای مطالعه، قد و وزن آزمودنی ها اندازه گیری و ثبت شد. پس از ارزیابی اولیه و بر اساس معیارهای ورود و خروج، شرکت کنندگان به دو گروه تجربی و کنترل به

جراحی برای پیش آزمون و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفته هشتم) برای پس آزمون، ساعت ۸ صبح و تحت شرایط استاندارد (ناشتایی و بدون مصرف داروهای ضدالتهاب) جمع آوری شدند. بیماران به آزمایشگاه مراجعه کرده و پس از ۳۰ دقیقه استراحت، ۱۰ میلی لیتر خون از ورید بازویی در حالت نشسته گرفته شد. فرآیند خونگیری توسط پرستار متخصص و با رعایت کامل نکات بهداشتی انجام شد و نمونه ها بلافاصله در لوله های مناسب برای آزمایش قرار گرفتند. برای تعیین سطح سرمی IL6 از دستگاه ایمولایت ساخت کشور امریکا و میزان CRP از دستگاه میندیری ساخت کشور چین استفاده شد. نمونه های خونی شامل پلاکت، نوتروفیل و لنفوسیت، توسط دستگاه سیسمکس XT30 ساخت کشور ژاپن و میزان ESR با دستگاه لاینر اسپانیا زیر نظر متخصص آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین شاخص NLR توسط فرمول نوتروفیل به لنفوسیت محاسبه گردید.

با توجه به طرح پژوهش، تجزیه و تحلیل در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در سطح توصیفی از شاخص های میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در سطح استنباطی با توجه به طرح پژوهش از مدل آنالیز واریانس با اندازه های تکراری ۲×۲ استفاده شد. پذیره - های زیربنایی مدل از قبیل نرمال بودن توزیع خطا، همگنی واریانس خطا به ترتیب بوسیله ی آزمون های شاپیرو-ویلک، لوین مورد بررسی و تایید قرار گرفت. برای مقایسه ی ویژگی های فردی آزمودنی های دو گروه و با توجه به برقراری فرض نرمال بودن داده ها در هر گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. آزمون ها در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ی ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

یافته ها

۲۴ بیمار ریوی ۶ تا ۱۷ ساله پس از جراحی توراوتومی در قالب دو گروه دوازده نفری کنترل و تجربی (شامل تمرینات هوازی) مورد مطالعه قرار گرفتند. ویژگی های فردی نمونه ها سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در جدول ۲ گزارش شده است. پس از بررسی و تایید نرمال بودن توزیع داده های مربوط به ویژگی های فردی، در هر یک از دو گروه، برای مقایسه ی میانگین دو گروه از

کسر ضربان قلب استراحت HRrest از HRmax محاسبه گردید، به طوری که $HRR = HRmax - HRrest$ و در آن (HRR) ذخیره ضربان قلب و HRrest ضربان قلب در حالت استراحت بر حسب ضربه در دقیقه است

برنامه تمرین هوازی با استفاده از دستگاه نوار گردان و ۵ روز در هفته به مدت ۸ هفته انجام شد. تمرینات هوازی با رعایت اصل اضافه بار تنظیم گردید و شدت و مدت تمرینات هر دو هفته به میزان حدود ۱۰٪ افزایش یافت تا به تدریج توان و تحمل بیماران بهبود یابد. تمام جلسات تمرین با ۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن و همین مدت سرد کردن انجام گرفت. تمرینات اصلی به مدت ۱۵ دقیقه و با شدت ۳۰ تا ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب (محاسبه بر اساس فرمول کارونن برای هر بیمار) شروع شد و در ادامه، شدت تمرینات به ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۳۰ دقیقه رسید. در ابتدا و انتهای هر جلسه تمرین، شدت ورزش با استفاده از مقیاس ۱۰ امتیازی اصلاح شده بورگ ارزیابی و وضعیت بیماران پایش می شد. قبل از شروع تمرینات، فشارخون، ضربان قلب و میزان اکسیژن خون کنترل می شد. شدت تمرین در هفته اول از ۳۰ تا ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره شروع شد، زمان تمرین نیز از ۱۵ دقیقه در هفته اول آغاز گردید و هر دو هفته ۵ دقیقه به زمان تمرین و ۱۰ درصد به شدت تمرین اضافه می شد تا به تدریج توانایی بیمار افزایش یابد (۲۶). پس از گرم کردن که شامل ۵ تا ۱۰ دقیقه حرکات نرمشی بود، آزمودنی ها تمرین اصلی را اجرا می کردند. در پایان هر جلسه تمرین، به منظور سرد کردن، ۵ تا ۱۰ دقیقه حرکات کششی انجام می دادند. شدت تمرین به وسیله ضربان سنج پلار کنترل می شد و در تمام طول تمرین پالس اکسیمتری به انگشت بیمار متصل بود و اکسیژن خون اندازه گیری می شد. در صورتی که درصد اشباع اکسیژن خون به کمتر از ۹۰٪ می رسید، یا بیمار علائمی از خستگی، اختلال تعادل، تعریق شدید، درد قفسه سینه یا تنگی نفس نشان می داد، بلافاصله تمرین قطع می شد (۲۷) (جدول ۱).

جمع آوری نمونه های خونی

نمونه های خون برای اندازه گیری متغیرهای مطالعه، پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی، در صبح روز هفتم پس از

جدول ۱: پروتکل تمرین هوازی

هفته	زمان گرم کردن (دقیقه)	زمان تمرین اصلی (دقیقه)	زمان سرد کردن (دقیقه)	شدت تمرین (HRR)
اول	۵-۱۰	۱۵	۵-۱۰	۴۰-۳۰ درصد
دوم	۵-۱۰	۱۵	۵-۱۰	۴۰-۳۰ درصد
سوم	۵-۱۰	۲۰	۵-۱۰	۵۰-۴۰ درصد
چهارم	۵-۱۰	۲۰	۵-۱۰	۵۰-۴۰ درصد
پنجم	۵-۱۰	۲۵	۵-۱۰	۶۰-۵۰ درصد
ششم	۵-۱۰	۲۵	۵-۱۰	۶۰-۵۰ درصد
هفتم	۵-۱۰	۳۰	۵-۱۰	۷۰-۶۰ درصد
هشتم	۵-۱۰	۳۰	۵-۱۰	۷۰-۶۰ درصد

* Heart Rate Reserve

جدول ۲: اطلاعات جمعیت شناختی گروه های مورد مطالعه

گروه متغیر	گروه کنترل	گروه تجربی	p- مقدار
سن (سال)	۳/۸۳ ± ۹/۸۳	۴ ± ۱۰	۰/۹۱۸
قد (متر)	۲۱/۰۰ ± ۱۳۷/۴۱	۲۱/۰۴ ± ۱۳۷/۷۵	۰/۹۶۹
وزن (کیلوگرم)	۱۶/۶۹ ± ۳۴/۸۳	۱۵/۳۵ ± ۸۳/۳۵	۰/۸۸۰
شاخص توده بدنی (کیلو گرم بر متر مربع)	۳/۲۶ ± ۱۷/۶۳/	۳/۲۲ ± ۱۸/۴۳	۰/۵۵۰

Body Mass Index; BMI

پس‌آزمون ($p=0/754$) و NLR در مراحل پیش آزمون ($p=0/052$)، پس آزمون ($p=0/330$) فرض نرمال بودن توزیع خطا رد نشد. بر اساس نتایج آزمون لوین، فرض همگنی واریانس خطا بین دو گروه برای میزان CRP در مراحل پیش آزمون ($p=0/286$)، پس آزمون ($p=0/150$)، میزان IL-6 در مراحل پیش آزمون ($p=0/827$)، پس-آزمون ($p=0/483$)، میزان ESR در مراحل پیش آزمون ($p=0/168$)، پس آزمون ($p=0/412$)، پلاکت در مراحل پیش آزمون ($p=0/540$)، پس آزمون ($p=0/910$) و NLR در مراحل پیش آزمون ($p=0/346$)، پس آزمون ($p=0/145$) رد نشد.

در میزان CRP طبق نتیجه ی آزمون آنالیز واریانس با اندازه های تکراری در جدول ۳، اثر زمان اندازه گیری ($F(1,18)=0/184$, $p=0/673$, $\eta^2=0/010$)، اثر گروه ($F(1,18)=0/316$, $p=0/017$, $\eta^2=0/581$) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه گیری ($F(1,18)=0/015$, $p=0/905$, $\eta^2=0/001$) در سطح خطای پنج درصد معنادار

آزمون تی-مستقل استفاده شد. نتیجه ی آزمون تی-مستقل تفاوت معناداری بین دو گروه در میانگین سن ($p=0/918$)، قد ($p=0/969$)، وزن ($p=0/880$) و شاخص توده بدنی ($p=0/550$) نشان نداد.

نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای التهابی نسبت نوتروفیل به لنفوسیت (NLR)، IL-6، CRP، سرعت رسوب گلبول قرمز (ESR) و پلاکت ها (Platelets) آزمودنی ها در دو گروه کنترل و تجربی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به طرح مطالعه برای تحلیل داده ها از آزمون آنالیز واریانس با اندازه های تکراری ۲*۲ استفاده شد. پذیره های زیربنایی این مدل بررسی و نتایج به صورت زیر بدست آمد. بر اساس نتایج آزمون شاپیروویلیک برای میزان CRP در مراحل پیش آزمون ($p=0/440$)، پس‌آزمون ($p=0/318$)، میزان IL-6 در مراحل پیش-آزمون ($p=0/491$)، پس آزمون ($p=0/646$)، میزان ESR در مراحل پیش آزمون ($p=0/389$)، پس آزمون ($p=0/997$)، پلاکت در مراحل پیش آزمون ($p=0/287$)،

جدول ۳: نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه های مکرر در گروه های مورد مطالعه

متغیر	زمان	میانگین $\pm$ انحراف معیار	کنترل	میانگین $\pm$ انحراف معیار	تجربی	نتایج آنالیز واریانس با اندازه های تکراری
						گروه
						اثر متقابل
(mg/L) CRP	پیش‌آزمون	۱۵/۵۷ $\pm$ ۵۸/۵۹	۲۰/۹۴ $\pm$ ۵۹/۳۷	p=۰/۶۷۳	p=۰/۵۸۱	p=۰/۹۰۵
	پس‌آزمون	۲/۲۲ $\pm$ ۷/۸۶	۰/۸۵ $\pm$ ۵/۳۶	$\eta^2=۰/۱۰$	$\eta^2=۰/۱۷$	$\eta^2=۰/۰۰۱$
(pg/mL) IL-6	پیش‌آزمون	۲۹/۰۲ $\pm$ ۶۳/۸۲	۳۲/۲۹ $\pm$ ۶۷/۷۶	p=۰/۱۸۹	p=۰/۴۳۲	p=۰/۱۹۶
	پس‌آزمون	۱۳/۵۲ $\pm$ ۴۸/۲۹	۱۰/۵۱ $\pm$ ۳۱/۷۷	$\eta^2=۰/۰۹۴$	$\eta^2=۰/۰۳۵$	$\eta^2=۰/۰۹۱$
(mm/hr) ESR	پیش‌آزمون	۲۰/۹۸ $\pm$ ۷۰	۱۷/۴۸ $\pm$ ۷۵/۴۴	p=۰/۴۳۲	p=۰/۹۷۵	p=۰/۲۶۴
	پس‌آزمون	۴/۱۱ $\pm$ ۲۸/۲۰	۳/۲۵ $\pm$ ۱۵/۲۹	$\eta^2=۰/۰۳۵$	$\eta^2<۰/۰۰۱$	$\eta^2=۰/۰۶۹$
Platelets ($\mu\text{L}/10^3 \times$)	پیش‌آزمون	۱۱۲۰۴۰/۴۰۱۴۱۶ $\pm$ ۱۳/۶۶	۱۳۵۱۸۳/۴۰۲۴۱۶ $\pm$ ۰/۱۶۶	p=۰/۳۱۲	p=۰/۵۶۹	p=۰/۵۶۲
	پس‌آزمون	۸۸۷۵۱/۲۶۳۱۴۶۶ $\pm$ ۰/۶۶	۸۳۲۱۱/۲۸۸۲۵ $\pm$ ۰/۸۰	$\eta^2=۰/۰۵۷$	$\eta^2=۰/۰۱۸$	$\eta^2=۰/۰۱۹$
NLR (بدون واحد)	پیش‌آزمون	۳/۳۲ $\pm$ ۷/۱۰	۵/۴۴ $\pm$ ۷/۲۷	p=۰/۹۸۷	p=۰/۹۶۹	p=۰/۶۲۲
	پس‌آزمون	۰/۵۸ $\pm$ ۱/۷۵	۰/۱۰ $\pm$ ۱/۲۱	$\eta^2<۰/۰۰۱$	$\eta^2<۰/۰۰۱$	$\eta^2=۰/۰۱۴$

CRP; C-Reactive Protein, IL6; Interleukin-6, ESR; Erythrocyte Sedimentation Rate, NLR; Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio

جراحی توراکتومی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که تمرینات هوازی بر شاخص های التهابی شامل CRP، IL-6، ESR، پلاکت و نسبت NLR در بیماران ریوی ۶ تا ۱۷ سال پس از جراحی توراکتومی نسبت به گروه کنترل تأثیر معناداری نداشت. لازم به توضیح است که تفاوت های فیزیولوژیکی قابل توجهی بین کودکان و بزرگسالان وجود دارد که می تواند بر تفسیر نتایج پارامترهایی مانند CRP، IL-6، ESR و پلاکت ها تأثیرگذار باشد. سیستم ایمنی کودکان در حال رشد و تکامل بوده و پاسخ های التهابی آن ها نسبت به بزرگسالان ممکن است متفاوت باشد (۲۸). همچنین، پروتکل تمرینی شامل شدت، مدت و نوع تمرین، همراه با زمان نمونه گیری پس از تمرین، نقش مهمی در تغییر مقادیر این شاخص ها دارد؛ برای مثال، IL-6 به سرعت پس از تمرین افزایش و سپس کاهش می یابد، در حالی که CRP ممکن است برای مدت طولانی تری بالا بماند (۲۹). بنابراین، مغایرت های مشاهده شده با برخی مطالعات انجام شده روی بزرگسالان احتمالاً ناشی از تفاوت های جمعیتی، پروتکل های تمرینی، زمان و روش نمونه گیری و نیز روش های آزمایشگاهی است. این موارد در بخش بحث مقاله به تفصیل بیان شده و نتایج مطالعه حاضر در چارچوب شرایط کودکان قابل تفسیر است. در شرایط التهابی، بدن با افزایش درصد نوتروفیل ها و کاهش درصد لنفوسیت ها به عنوان اولین خط دفاعی مواجه است. این افزایش

نبود. در میزان IL-6 اثر زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۱۸۹$)، اثر گروه ($F(1,18)=1/863$ ، $p=۰/۰۹۴$)، اثر متقابل گروه و زمان ($F(1,18)=۰/۶۴۵$ ، $p=۰/۴۳۲$) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۹۱$ ، $p=۰/۱۹۶$)، $F(1,18)=1/180$ تفاوت معناداری مشاهده نشد.

در میزان ESR اثر زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۳۵$)، اثر گروه ($F(1,18)=1/08$ ، $p=۰/۴۳۲$)، اثر متقابل گروه و زمان ($F(1,18)=۰/۰۰۱$ ، $p=۰/۹۷۵$) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۶۹$ ، $p=۰/۲۶۴$)، $F(1,18)=1/327$ تأثیرگذار نبود.

در میزان پلاکت، اثر زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۵۷$)، اثر گروه ($F(1,18)=۰/۱۸۴$ ، $p=۰/۳۱۲$)، اثر متقابل گروه و زمان ($F(1,18)=۰/۳۳۶$ ، $p=۰/۰۱۸$) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۱۹$ ، $p=۰/۵۶۲$)، $F(1,18)=۰/۳۵۰$ سطح خطای پنج درصد معنادار نبود.

در میزان NLR اثر زمان اندازه گیری ($\eta^2<۰/۰۰۱$)، اثر گروه ($F(1,18)<۰/۰۰۱$ ، $p=۰/۹۸۷$)، اثر متقابل گروه و زمان ($F(1,18)=۰/۰۰۲$ ، $p=۰/۹۶۹$) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه گیری ($\eta^2=۰/۰۱۴$ ، $p=۰/۶۲۲$)، $F(1,18)=۰/۲۵۱$ تفاوت معناداری مشاهده نشد.

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف، تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر شاخص های التهابی در بیماران ریوی ۶ تا ۱۷ سال بعد از

CRP به عنوان یک نشانگر حساس التهاب سیستمیک شناخته شده و سطح بالای آن با افزایش خطر بیماری های قلبی عروقی و سایر عوارض مرتبط است. در مطالعه حاضر، کاهش معنادار CRP در گروه تمرین نشان دهنده کاهش التهاب سیستمیک و بهبود وضعیت عمومی بیماران است. تمرینات هوازی می توانند به طور قابل توجهی سطوح CRP را کاهش دهند. مکانیسم های بیولوژیکی مرتبط با این اثر شامل کاهش چربی بدن، بهبود حساسیت به انسولین و تنظیم هورمون ها و سیتوکین ها می باشد. این یافته ها اهمیت فعالیت بدنی منظم را در مدیریت التهاب و بهبود سلامت عمومی تأکید می کند و نشان می دهد که تمرینات هوازی می توانند به عنوان یک استراتژی مؤثر در کاهش التهاب در نظر گرفته شوند.

نتایج تحقیقات Donges و همکاران (۳۴) که با مقایسه بین تمرینات هوازی و مقاومتی بر شاخص های التهابی، نشان داد که تمرینات ورزشی به ویژه تمرینات هوازی باعث کاهش بیشتر سطوح CRP شده و با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی ندارد. دلیل ناهمخوانی نتایج می تواند به تفاوت در ویژگی جمعیت مطالعه، شدت و نوع تمرینات هوازی، وضعیت زمینه ای التهاب، و حجم نمونه مربوط باشد. نرخ رسوب گلبول های قرمز (ESR) که به عنوان یک شاخص غیرمستقیم التهاب مزمن عمل می کند، تمرینات هوازی باعث کاهش معنادار گلبول های قرمز شد که نشان دهنده کاهش التهاب سیستمیک و بهبود وضعیت عمومی بیماران است. همین طور ورزش منظم موجب کاهش ترشح هورمون های استرس مانند کورتیزول می شود که خود می تواند باعث کاهش التهاب و ESR و بهبود وضعیت کلی سلامت شود. همچنین تمرینات ورزشی منظم بهبود عملکرد قلبی-عروقی و تنفسی و بهبود جریان خون و اکسیژن رسانی به بافت ها را به دنبال دارد که می تواند به کاهش فاکتورهای التهابی از جمله ESR منجر شود. با بهبود گردش خون و عملکرد ریه ها، ورزش می تواند به کاهش بار التهابی بر روی سیستم های بدن کمک کند. Gwoździński و همکاران (۳۵) در پژوهشی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تمرینات ورزشی می تواند باعث کاهش ESR در بیماری قلبی شود. که ممکن است به علت کاهش استرس اکسیداتیو باشد. که با پژوهش حاضر هم خوانی ندارد. با این حال در مطالعه ای که Harpham و همکاران (۳۶) انجام دادند به این نتیجه

نوتروفیل ها و کاهش لنفوسیت ها باعث افزایش نسبت نوتروفیل به لنفوسیت (NLR) می شود که شاخصی از شدت التهاب سیستمیک است. تمرینات هوازی با کاهش سطح استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک، میزان فعال شدن نوتروفیل ها کاهش می دهد همچنین تمرینات هوازی می توانند عملکرد سیستم ایمنی اکتسابی را بهبود بخشیده و تعداد لنفوسیت ها را افزایش داده و باعث کاهش NLR شود. این تغییرات نشان دهنده کاهش التهاب سیستمیک و بهبود تعادل ایمنی در بیماران است (۱۲). با این حال، در مطالعه حاضر، اگرچه اثر آماری معناداری مشاهده نشد، میانگین NLR در گروه تجربی کاهش جزئی نشان داد که ممکن است روند مثبت اثرات تمرینات هوازی را بر تعادل ایمنی و التهاب سیستمیک منعکس کند. نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات Broadbent و همکاران (۳۰) که نشان دهنده تاثیر مثبت تمرینات هوازی بر کاهش NLR می باشد هم خوانی ندارد. این تفاوت ممکن است ناشی از فاصله طولانی زمانی پس از جراحی، شدت و مدت تمرینات، یا ویژگی های جمعیت مورد مطالعه باشد. صالح فرد و همکاران (۳۱) نشان دادند که هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا به صورت کوتاه مدت و بلندمدت تاثیر معناداری بر نوتروفیل و لنفوسیت ها ندارد که با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد آسیب بافتی و التهاب ناشی از جراحی، همراه با افزایش آدرنالین و نورآدرنالین، منجر به فعالسازی پلاکت ها و تجمع آن ها در محل آسیب می شود، که می تواند تعداد پلاکت ها را در خون محیطی افزایش دهد. تمرینات هوازی می تواند باعث کاهش تعداد پلاکت ها شود. این کاهش ممکن است ناشی از کاهش فعالسازی پلاکتی به دلیل بهبود عملکرد اندوتلیال و کاهش استرس اکسیداتیو باشد. علاوه بر این، تمرینات هوازی منظم می توانند سطوح کاتکولامین ها را کاهش دهند که این امر نیز به کاهش تعداد پلاکت ها کمک می کند (۳۲). در مطالعه حاضر، کاهش غیرمعنادار پلاکت ها در گروه تمرین و عدم تغییر معنادار در گروه کنترل نشان دهنده تأثیر مثبت تمرینات هوازی بر کاهش تعداد پلاکت ها است. این یافته ها تا حدی با مطالعه Do Brito و همکاران ۱۹/۹/۲۰۲۵ که نشان دهنده کاهش پلاکت ها پس از تمرینات ورزشی بود هم خوانی ندارد. اختلافات جزئی ممکن است ناشی از تفاوت در شدت، مدت یا نوع تمرین، یا ویژگی های جمعیت مورد مطالعه باشد.

هواری مرتبط باشد. در مجموع، یافته های این مطالعه نشان داد که تمرینات هواری تأثیر معناداری بر شاخص های التهابی و نتایج بالینی بیماران پس از جراحی توراوتومی نداشت. با وجود عدم وجود تفاوت های آماری بین گروه تمرین و کنترل، مشاهده کاهش های غیرمعنادار در شاخص های مورد اندازه گیری می تواند حاکی از روند مثبت تمرینات هواری باشد. بنابراین، تمرینات هواری ممکن است به عنوان یک روش کمکی در مدیریت بیماران پس از جراحی های ریوی مورد استفاده قرار گیرد و به بهبود سریع تر و کاهش عوارض پس از عمل کمک کند. هرچند برای اثبات اثرات معنادار آن نیاز به مطالعات بیشتر با حجم نمونه بزرگ تر و طراحی طولانی مدت تر وجود دارد. یکی از محدودیت های اصلی این مطالعه، عدم کنترل دقیق تغذیه در طول دوره تحقیق بود و همچنین میزان فعالیت بدنی آزمودنی ها خارج از محدوده تحقیق قرار داشت، از دیگر محدودیت های این پژوهش، حجم نسبتاً کم نمونه به دلیل دسترسی محدود به بیماران واجد شرایط و همچنین بازه ی نسبتاً گسترده سنی آزمودنی ها است. گرچه تلاش شد توزیع سنی بین گروه ها متعادل باشد و اثر سن در تحلیل ها کنترل گردد، اما وجود تفاوت های فیزیولوژیکی بین کودکان و نوجوانان ممکن است بر نتایج تأثیر گذاشته باشد. پیشنهاد می شود در مطالعات آینده، با افزایش حجم نمونه و دسته بندی آزمودنی ها بر اساس مراحل رشدی، این موضوع به طور دقیق تر بررسی شود. همچنین یکی از محدودیت های مهم مطالعه، زمان بندی اندازه گیری شاخص های التهابی است که ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. این فاصله زمانی ممکن است هنوز شامل اثرات حاد تمرین باشد و به همین دلیل، تغییرات مزمن و سازگاری های بلندمدت در شاخص های التهابی به طور کامل قابل ارزیابی نیستند. توصیه می شود در مطالعات آینده، زمان بندی اندازه گیری ها به گونه ای تنظیم شود که امکان تفکیک بهتر اثرات کوتاه مدت و مزمن فراهم گردد.

سپاسگزاری

از تمامی کسانی که در انجام این تحقیق همکاری کردند، به ویژه اساتید، مشاوران و پرسنل بیمارستان، صمیمانه سپاسگزارم. همچنین، از بیماران و خانواده هایشان که با مشارکت فعال خود به موفقیت این پروژه کمک کردند،

رسیدند که علی رغم تأثیرات مثبت تمرینات هواری بر شاخص های التهابی، تغییرات در نرخ رسوب گلبول های قرمز (ESR) معنی دار نبود که می تواند به دلیل پاسخ کند ESR باشد. ESR به دلیل ویژگی های ذاتی خود نسبت به CRP و سایر شاخص های التهابی تغییرات کندتری نشان می دهد. نتایج این مطالعه، در مورد تغییرات ESR، با نتایج مطالعه حاضر همسو نمی باشد (۳۴). کاهش معنادار IL-6 در گروه تمرین نشان دهنده تأثیر مثبت تمرینات هواری بر کاهش پاسخ های التهابی سیستمیک پس از جراحی توراوتومی است. IL-6 به عنوان یک سیتوکین التهابی کلیدی، نقش مهمی در تنظیم پاسخ های التهابی دارد و تغییرات آن می تواند اطلاعات زیادی در مورد وضعیت التهابی بدن فراهم کند.

تمرینات هواری به عنوان یکی از روش های مؤثر در کاهش التهاب مزمن شناخته شده اند که مکانیسم های متعددی در این اثرگذاری نقش دارند. نخست، تمرینات هواری با کاهش استرس اکسیداتیو سبب کاهش تولید گونه های فعال اکسیژن (ROS) می شوند که عامل مهمی در تحریک پاسخ های التهابی است (۳۷). دوم، این نوع تمرینات باعث افزایش ترشح میوکین های ضدالتهابی مانند IL-10 می شوند که به مهار مسیرهای التهابی و کاهش تولید سیتوکین های پروالتهابی کمک می کند (۳۸). سوم، تمرینات هواری عملکرد اندوتلیال را بهبود می بخشد، که منجر به افزایش تولید نیتریک اکساید و گشادشدگی عروق و کاهش التهاب موضعی و سیستمیک می شود (۳۹). افزایش حساسیت انسولینی باعث بهبود متابولیسم گلوکز و کاهش ذخیره چربی در بدن می شود که هر دو عامل می توانند بر روی تولید IL-6 تأثیرگذار باشند (۳۴). Li و همکاران (۴۰) به این نتیجه رسیدند که تمرینات هواری با کاهش تولید IL6، CRP و NLR، عمل می کنند. که همگی نقش مهمی در التهاب سیستمیک دارند و با بیماری های التهابی نظیر COPD مرتبط هستند. تمرینات هواری می تواند سطوح سیتوکین های التهابی مانند IL-6 و پروتئین واکنش C (CRP) را کاهش دهد و NLR را متعادل کند. این تغییرات منجر به کاهش التهاب در سیستم تنفسی و بهبود عملکرد ریه ها می شود. که با نتایج این مطالعه همخوانی ندارد (۳۵). دلیل ناهمخوانی نتایج می تواند به تفاوت در ویژگی جمعیت مطالعه، وضعیت التهابی پس از جراحی و نوع و شدت تمرینات

منابع

1. Osia S, Molaie RS, Hadipoor A. A 15-year review of the causes of thoracotomy in Amirkola children's hospital. *Iranian Journal of Pediatric Surgery* 2018; 4(1): 32-39.
2. Gebreselassie HA, Tadesse MM, Woldeeselassie HG. Thoracotomy in Children: Review from a Low-Income Country. *Pediatric Health Med Ther* 2023; 14: 99-106.
3. Ranjan A, Bose V, Sahu SS, Singh AK, et al. Management of Empyema Thoracis in Children In Covid Era. *Journal of Cardiovascular Disease Research* 2023; 14(6): 12-18
4. Hekimoğlu B, Beyoğlu MA, Şahin M. Urgent Thoracotomy Operations In COVID-19 Era. *Middle Black Sea Journal of Health Science* 2021; 7(3): 340-347.
5. Ogunleye EO, Olusoji OO, Adekola OO. Thoracotomy in children: A decade review of indications and outcomes. *Journal of Clinical Sciences* 2023; 20(2): 41-45.
6. Levy O. Innate immunity of the newborn: basic mechanisms and clinical correlates. *Nat Rev Immunol* 2007; 7(5): 379-390.
7. Cavalheri V, Tahirah F, Nonoyama M, Jenkins S, Hill K. Exercise training for people following lung resection for non-small cell lung cancer—a Cochrane systematic review. *Cancer treat rev* 2014; 40(4): 585-594.
8. Furák J, Németh T, Lantos J, Fabó C, et al. Perioperative systemic inflammation in lung cancer surgery. *Front Surg* 2022 9: 883322.
9. Jeon J, Sung S, Moon Y, Koo J, et al. Comparison of early postoperative cytokine changes in patients undergoing intubated and non-intubated thoracic surgery: a randomized controlled trial. *Interact Cardiovasc Thorac Sur* 2021; 32(3): 343-350.
10. Paróczai D, Lantos J, Barta Z, Pécsy B, et al. Immunological perspectives in thoracic surgery: a narrative review on the cellular and cytokine responses induced by thoracotomy and video-assisted thoracic surgery. *AME Surgical Journal*. 2022; 2: 18.

قدردانی می‌کنم. این تحقیق برگرفته از رساله دکتری در رشته فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) است و دارای کد اخلاق به شماره (IR.IAU.KHUISF.REC.1403.247) از کمیته دانشگاهی اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی - واحد اصفهان (خوراسگان) می باشد.

نقش نویسندگان

لیلی کلانتری (نویسنده اول): جمع آوری داده ها و نگارش متن
خسرو جلالی دهکردی (نویسنده مسئول)، فرزانه تقیان محمد امید: تجزیه و تحلیل داده ها، بازبینی نهایی و ارسال مقاله

منابع مالی

این پژوهش هیچ حمایت مالی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

11. Jaradeh M, Curran B, Poulikidis K, Rodrigues A, et al. Inflammatory cytokines in robot-assisted thoracic surgery versus video-assisted thoracic surgery. *J Thorac Dis* 2022; 14(6): 2000-2010.
12. Walzik D, Joisten N, Zacher J, Zimmer P. Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index. *Eur J Appl Physiol* 2021; 121(7): 1803-1814.
13. Shiono S, Abiko M, Sato T. Postoperative complications in elderly patients after lung cancer surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 16(6): 819-823.
14. Zheng G, Qiu P, Xia R, Lin H, et al. Effect of aerobic exercise on inflammatory markers in healthy middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Aging Neurosci* 2019; 11: 98.
15. Xu Q, Shen Z-Q, Feng K-P, Xu C, et al. The efficacy of three-ball breathing apparatus exercise based on the concept of pulmonary rehabilitation in patients after lung cancer surgery. *J Cardiothorac Surg* 2023; 18(1): 218.
16. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am j respir crit care med* 2013; 188(8): e13-e64.
17. Jones LW, Eves ND, Peterson BL, Garst J, et al. Safety and feasibility of aerobic training on cardiopulmonary function and quality of life in postsurgical nonsmall cell lung cancer patients: a pilot study. *Cancer* 2008; 113(12): 3430-3409.
18. Johnston WR, Hwang R, Mattei P. Muscle-sparing Vertical Thoracotomy in Children and Adolescents. *J Pediatr Surg* 2024; 59(10): 161576.
19. Wu H, Yuan J, Qiu L. Effects of Video Combined with the Teach-Back Method on the Respiratory Function Exercise of Patients Undergoing Thoracotomy. *J Cancer Ther* 2022; 13(5): 243-251.
20. Foglio K, Bianchi L, Bruletti G, Porta R, et al. Seven-year time course of lung function, symptoms, health-related quality of life, and exercise tolerance in COPD patients undergoing pulmonary rehabilitation programs. *Respir Med* 2007; 101(9): 1961-1970.
21. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, et al. American thoracic society/European respiratory society statement on pulmonary rehabilitation. *Am j respir crit care med* 2006; 173(12): 1390-1413.
22. Lu T, Denehy L, Cao Y, Cong Q, et al. A 12-week multi-modal exercise program: feasibility of combined exercise and simplified 8-style tai chi following lung cancer surgery. *Integr Cancer Ther* 2020; 19: 1534735420952887.
23. Illini O, Valipour A, Gatteringer D, Petrovic M, et al. Effectiveness of outpatient pulmonary rehabilitation in patients with surgically resected lung cancer: a retrospective real-world analysis. *Cancers* 2022; 14(14): 3479.
24. Ilić MD, Kocić G, Lazarević G, Simonović D, et al. Exercise training and inflammatory markers in coronary artery disease patients. *Acta facultatis medicae Naissensis*. 2022; 39(2): 294-309.
25. Health NIO, Committee RDA, Group ICW. NIH Guidance on informed consent for gene transfer research. 2004.
26. Jiao M, Liang H, Zhang M. Effect of exercise on postoperative recovery of patients with non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Discov Oncol* 2024; 15(1): 230.
27. Grzybowski A, Told R, Sacu S, Bandello F, et al. 2018 update on intravitreal injections :euretna expert consensus recommendations. *Ophthalmologica* 2018; 239(4): 181-193.
28. Simon AK, Hollander GA, McMichael A. Evolution of the immune system in humans from infancy to old age. *Proc Biol Sci* 2015; 282(1821): 20143085
29. Cerqueira É, Marinho DA, Neiva HP, Lourenço O. Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise—a systematic review. *Front physiol* 2020; 10: 1550.

30. Broadbent S, Coutts R. Graded versus intermittent exercise effects on lymphocytes in chronic fatigue syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 2016; 48(9): 1655-1663.
31. Saleh Fard Z, Bagherzadeh Rahmani B, Shafiee N, Khanvari T, Kordi N. Investigation the effects of two long-term and short-term high-intensity interval training on some inflammatory and immune indices in overweight adolescent boys. *J Sports Biomotor Sci* 2021; 13(25): 38-48.
32. Boccatonda A, Tripaldi R, Davi G, Santilli F. Oxidative stress modulation through habitual physical activity. *Curr Pharm Des* 2016; 22(24): 3648-3680.
33. do Brito Valente AF, Jaspers RT, Wüst RC. Regular physical exercise mediates the immune response in atherosclerosis. *Exerc Immunol Rev* 2021; 27: 42-53.
34. Donges C, Duffield R, Drinkwater E. Effects of resistance or aerobic exercise training on interleukin-6, C-reactive protein, and body composition. *Med sci sports exerc* 2010; 42(2): 304-313.
35. Lopes S, Mesquita-Bastos J, Teixeira M, Figueiredo D, et al. Aerobic exercise training reduces blood pressure, angiotensin II and oxidative stress of patients with resistant hypertension: The EnRiCH trial. *European Heart Journal*. 2021; 42(Supplement_1): ehab724. 2392.
36. Harpham C, Harpham QK, Barker AR. The effect of exercise training programs with aerobic components on C-reactive protein, erythrocyte sedimentation rate and self-assessed disease activity in people with ankylosing spondylitis: A systematic review and meta-analysis. *Int J Rheum Dis*. 2022; 25(6): 635-649.
37. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological reviews*. 2008; 88(4): 1243-1276.
38. Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, et al. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat rev immunol* 2011; 11(9): 607-15.
39. Green DJ, O'Driscoll G, Joyner MJ, Cable NT. Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise? *J appl physiol* 2008; 105(2): 766-768.
40. Li P, Han X, Li J, Wang Y, et al. Aerobic exercise training engages the canonical wnt pathway to improve pulmonary function and inflammation in COPD. *BMC Pulm Med* 2024; 24(1): 236.