تأثیر ۸ هفته ورزش هوازی بر شاخص‌های هماتولوژیک و وضعیت تنفسی بیماران ریوی پس از جراحی توراکوتومی

لیلی کلانتری[۱]، خسرو جلالی دهکردی[۲]. فرزانه تقیان[۳]محمد امید[۴]

[۱]دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

[۲] دانشیار فیزیولوژی ورزش ، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران.

(نویسنده مسئول):

khosrojalali@khuisf.ac.ir

۳. استاد فیزیولوژی ورزش ، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

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

هدف: جراحی توراکوتومی یک جراحی پیچیده است که معمولاً برای درمان بیماری‌های ریوی، انجام می‌شود. این نوع جراحی ممکن است به اختلالات در عملکرد ریوی و تغییرات در شاخص‌های هماتولوژیک، مانند کاهش هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز منجر شود. از طرفی، تمرینات هوازی به‌عنوان یک رویکرد غیر دارویی می‌تواند تأثیر مثبتی بر بهبود عملکرد ریوی و شاخص‌های هماتولوژیک داشته باشد. در این مطالعه، تأثیر تمرینات هوازی بر شاخص‌های هماتولوژیک (هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز) و وضعیت تنفسی و اشباع اکسیزن خون (O2Sat)، در کودکان و نوجوانان پس از جراحی توراکوتومی بررسی شده است، این تحقیق می‌کوشد تا با ارزیابی تغییرات در این شاخص‌ها، شواهد علمی جدیدی برای استفاده از ورزش هوازی در برنامه‌های توانبخشی پس از جراحی‌های ریوی فراهم کند.

روش بررسی: این مطالعه نیمه تجربی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با ۲۴ بیمار که به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند، انجام شد. گروه تمرین تحت یک برنامه ۸ هفته‌ای ورزش‌های هوازی قرار گرفت، در حالی که گروه کنترل هیچ‌گونه مداخله‌ای دریافت نکردند. در ابتدا و پایان دوره، شاخص‌های هماتولوژیکی و تنفسی اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج آزمون آنالیز کوواریانس آزمودنی‌های دو گروه در مورد متغیرهای خونی در جدول ۳ آمده است در در رابطه با تغییرات بین گروهی برای متغیر RBC. (001/0=P) وHB. (004/0=P) و HCT(005/0=P) و o2(002/0=P) نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود دارد. به طوری که در پس آزمون RBC، HB،HCT و o2آزمودنی ها گروه تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش بیشتری داشت..

نتیجه‌گیری: تمرینات هوازی تأثیر مثبت و معناداری بر بهبود شاخص‌های هماتولوژیک و عملکرد تنفسی پس از جراحی توراکوتومی داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ورزش هوازی می‌تواند به‌عنوان یک مداخله مکمل در فرآیند بهبودی بیماران پس از جراحی‌های پیچیده ریوی مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: توراکوتومی، تمرینات هوازی، شاخص‌های هماتولوژیک، عملکرد ریوی، هموگلوبین، گلبول قرمز، هماتوکریت، اشباع اکسیژن خون

The Effect of 8 Weeks of Aerobic training on Hematological Indices and Respiratory Status in Pulmonary Patients After Thoracotomy Surgery

Leily Kalantary[1], Khosro Jalali Dehkordi[2], Farzaneh, Taghian[3], Mohamad Omid[4]

1.PhD Student, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad
University, Isfahan, Iran
2.Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3.Professor, Department of Physical Education and Sport 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:

Objective: Thoracotomy is a complex surgery typically performed to treat lung diseases. This type of surgery may lead to impairments in pulmonary function and changes in hematological markers, such as decreased hemoglobin, hematocrit, and red blood cell count.. This research aims to provide new scientific evidence for incorporating aerobic exercise into rehabilitation programs following pulmonary surgeries by evaluating changes in these indicators.

Methodology: This semi-experimental study used a pre-test-post-test design with 24 patients who were randomly assigned to either the exercise or control group. The exercise group underwent an 8-week aerobic exercise program, while the control group received no intervention. Hematological and respiratory markers were measured at the beginning and end of the intervention period.

Findings: The results of the analysis of covariance for the blood variables of the two groups are presented in Table 3. Regarding the intergroup changes for the variables, RBC (P = 0.001), HB (P = 0.004), HCT (P = 0.005), and O2 (P = 0.002), the results showed that there were significant differences between the two groups. Specifically, in the post-test, the exercise group showed greater increases in RBC, HB, HCT, and O2 compared to the control group.

Conclusion: Aerobic exercise has a positive and significant effect on improving hematological markers and respiratory function in children after thoracotomy. These findings suggest that aerobic exercise can

Keywords: Thoracotomy, Aerobic Exercise, Hematologic Markers, Pulmonary Function,Blood Oxygen Saturation

مقدمه

جراحی توراکوتومی به عنوان یک مداخله گسترده و پرچالش در بیماران با اختلالات ریوی و قلبی انجام می‌شود که به دلایل مختلفی از جمله بیماری‌های ریوی، تومورهای ریه و مشکلات تنفسی حاد، ضرورت می‌یابد اوسیا، مولایی،هادی پور (۲۰۱۸) این نوع جراحی به ویژه در بیماران با وضعیت‌های پیچیده ریوی و تنفسی انجام می‌شود که معمولاً نیاز به مراقبت‌های ویژه و دوره‌های بهبودی طولانی‌تری دارند. با توجه به اینکه جراحی توراکوتومی منجر به آسیب‌های بافتی و اختلال در عملکرد تنفسی می‌شود، بسیاری از بیماران پس از عمل جراحی با مشکلات متعدد در زمینه بازتوانی و بهبود وضعیت هماتولوژیک و تنفسی مواجه هستند. بسیاری از بیماران با عوارض پس از عمل، مانند افزایش ترشحات خلط در مجرای تنفسی و کاهش توانایی پاک‌سازی مواجه هستند که می‌تواند به راحتی باعث بروز مشکلاتی نظیر عفونت ریوی و اتلکتازی شود، این مشکلات می توانند به شدت بر روند بهبود بیماران تاثیر بگذارد و نیاز به مدیریت دقیق دارد. وو، یونا و کیو (۲۰۲۲) در پاندمی کوید با توجه به افزایش عفونت‌های باکتریایی ثانویه و پیچیدگی‌های مرتبط با این وضعیت، استفاده از توراکوتومی برای خارج کردن چرک و برداشتن لایه‌های بافت ملتهب، ضخیم و فیبروزشده اطراف ریه خصوصا کودکان گاها ضرورت پیدا می کند. رانجان و همکاران (۲۰۲۳). بعد از جراحی‌های بزرگ مانند توراکوتومی، کاهش سطح سلول‌های قرمز خون (RBC؛ Red Blood Cells)، هموگلوبین (HB؛ Hemoglobin) و هماتوکریت (HCT؛ hematocrit) به دلیل عوامل مختلفی مانند خونریزی حین جراحی و یا التهاب ناشی از آن، ممکن است رخ دهد. این کاهش‌ها می‌تواند تأثیرات منفی بر عملکرد سیستم‌های فیزیولوژیک بیماران بویژه در کودکان داشته باشد و عوارض قابل توجهی به همراه داشته باشد. شیانو،ابیکو، ساتو (۲۰۱۳). سلول‌های قرمز خون ، ساختاری تخصصی دارند که برای انتقال اکسیژن طراحی شده است. این سلول‌ها حاوی هموگلوبین هستند، پروتئینی که با اتصال به مولکول‌های اکسیژن، آن‌ها را از آلوئول‌های ریه به بافت‌های بدن منتقل می‌کند. شکل دوطرفه مقعر RBC سطح مقطع بیشتری فراهم می‌کند و تبادل کارآمد گازها را در مویرگ‌های باریک تسهیل می‌کند. در عین حال، تعداد و کیفیت RBC تأثیر مستقیمی بر ظرفیت انتقال اکسیژن دارند؛ کاهش آن‌ها به علت بیماری‌هایی مانند کم‌خونی منجر به هیپوکسی می‌شود. بارشتین و همکاران (۲۰۲۴). هموگلوبین، مولکول پروتئینی اصلی در سلول‌های قرمز، نقش حیاتی در انتقال اکسیژن ایفا می‌کند. هر مولکول هموگلوبین می‌تواند به چهار مولکول اکسیژن متصل شود و بافت‌ها را با اکسیژن مورد نیاز تغذیه کند. همچنین، هموگلوبین نقش کلیدی در بازگرداندن دی‌اکسیدکربن به ریه‌ها ایفا می‌کند. کاهش سطح هموگلوبین، مانند آنچه در کم‌خونی مشاهده می‌شود، باعث کاهش ظرفیت حمل اکسیژن خون و ایجاد عوارض مرتبط با آن می‌شود. جین و همکاران (۲۰۲۴). هماتوکریت درصد حجم خون را که توسط سلول‌های قرمز تشکیل شده است، اندازه‌گیری می‌کند و بازتابی از ظرفیت انتقال اکسیژن خون است. افزایش هماتوکریت، که نشان‌دهنده تعداد بیشتر RBC است، معمولاً به معنای بهبود ظرفیت اکسیژن‌رسانی است. اما افزایش بیش از حد آن، مانند حالاتی که در پلی‌سیتمی رخ می‌دهد، می‌تواند ویسکوزیته خون را افزایش دهد و مانع از گردش خون کارآمد شود. کیشیموتو (۲۰۲۰). انتقال اکسیژن به بافت‌ها در پستانداران به سه عنصر کلیدی وابسته است: قلب به‌عنوان پمپ مؤثر، سیستم گردش خون به‌عنوان مسیر توزیع، و هموگلوبین به‌عنوان انتقال دهنده اکسیژن که نیاز بافت‌ها به اکسیژن را تنظیم می‌کند. گلبول‌های قرمز و هموگلوبین نقش حیاتی در تأمین اکسیژن بافت‌ها ایفا کرده و عملکرد اصلی آن‌ها انتقال اکسیژن به بافت‌ها است. این مکانیسم‌ها به‌صورت دقیق تنظیم شده و برای حفظ اکسیژن‌رسانی بهینه در شرایط فیزیولوژیک ضروری هستند. ساینگل و استاملر (۲۰۰۵). مکانیسم‌های بسیار حساس برای تشخیص کاهش انتقال اکسیژن به بافت‌ها وجود دارند که احتمالاً به‌عنوان راهکاری برای بقا در شرایط از دست دادن حاد خون و کم‌خونی تکامل یافته‌اند. این مکانیسم‌ها که اهمیت آن‌ها را در بقا نشان می‌دهد. حسگرهای اکسیژن در سطح کلیه هالپرین و همکاران(۲۰۰۶)، گیرنده‌های شیمیایی آئورتی و کاروتید ایتوریگا و همکاران (۲۰۲۱) و عامل هیپوکسی-القایی (HIF؛ Hypoxia-inducible factor 1-alph) در سلول ها وجود دارند. چندین شواهد بر اهمیت این مکانیسم‌های حسگر اکسیژن در کم‌خونی حاد تأکید دارند. در کم‌خونی، کاهش زودهنگام فشار جزئی اکسیژن شریانی (PO2, Partial Pressure of Oxygen)در بافت کلیوی، تولید اریتروپویتین (EPO, Erythropoietin) کلیوی را برای بازگرداندن غلظت هموگلوبین تحریک می‌کند فرید و همکاران (۲۰۱۱). افزایش فعالیت گیرنده‌های شیمیایی در کم‌خونی، به مکانیسم‌های فیزیولوژیکی (افزایش برون‌ده قلبی) و پاسخ‌های

سلولی که انتقال اکسیژن به بافت‌ها را بهینه و سلول‌ها را از هیپوکسی محافظت می‌کند، کمک می‌کند نانگاکو و ایچارد(۲۰۰۶). همینطور افزایش بیان مولکول‌های حساس به هیپوکسی، از جمله HIF، در کم‌خونی حاد و مزمن در کاهش هموگلوبین رخ می‌دهد ودمن و جانسون(۲۰۰۹). کم‌خونی باعث تحریک تنفس و افزایش تهویه دقیقه‌ای می‌شود. علاوه بر این، مکانیسم‌های وابسته به نیتریک اکسید(Nitric oxide, NO)هماهنگی تهویه و پرفیوژن را بهبود می‌بخشند که منجر به افزایش مشخص در فشار جزئی اکسیژن در خون شریانی و اشباع اکسیژن هموگلوبین می‌شود. این پاسخ‌ها اطمینان می‌دهند که در زمان کاهش هموگلوبین، محتوای اکسیژن خون به حداکثر مقدار ممکن حفظ شود و از این طریق باعث سازگاری سیستم تنفسی میشود کاندوی و گامبوا (۲۰۲۴). در شرایط کم‌خونی، سلول‌های حساس به هیپوکسی سیستم عصبی سمپاتیک را فعال می‌کنند که از طریق مکانیسم‌هایی مانند افزایش برون‌ده قلبی و کاهش مقاومت عروق سیستمیک عمل می‌کند. این پاسخ‌ها که به طور مداوم مشاهده شده‌اند، به حفظ تعادل کلی در انتقال و مصرف اکسیژن کمک می‌کنند.و اینگونه باعث سازگاری قلبی عروقی می شود لیکر و همکاران(۲۰۲۴). شواهد نشان می‌دهند که کم‌خونی می‌تواند منجر به هیپوکسی بافتی در مغز شود. سلول‌های مغزی در پاسخ به کاهش اکسیژن، مولکول‌های انطباقی مانند اریتروپویتین و فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (Vascular endothelial growth factor,VEGF)را تولید می‌کنند که به تولید گلبول‌های قرمز جدید، بهبود گردش خون و استفاده بهینه از گلوکز کمک می‌کنند ما، زو، شی (۲۰۲۴). این فرآیندها به بدن در سازگاری با کم‌خونی کمک کرده و به بقا کمک می کنند. با این حال، در برخی موارد، این سازگاری‌ها می‌توانند منجر به آسیب‌های شناختی و کاهش عملکرد مغزی در افراد مسن شوند شاندر و همکاران (۲۰۱۱). جراحی توراکوتومی در کودکان معمولاً برای درمان آسیب‌ها یا بیماریهای عفونی شدید در نواحی قفسه سینه مانند ریه‌ها، قلب یا مری انجام می‌شود. این عمل با خطراتی مانند خونریزی، عفونت و آسیب به اعصاب همراه است. کم‌خونی پس از جراحی توراکوتومی در کودکان به دلیل از دست دادن خون یا عوارضی مانند عفونت یکی از نگرانی‌های رایج است. تست‌های خون قبل و بعد از جراحی برای نظارت بر سطح RBC، هموگلوبین و هماتوکریت انجام می‌شود و در صورت نیاز، درمان‌هایی مانند انتقال خون یا مکمل‌های آهن برای مدیریت کم‌خونی اعمال می‌شود. لگ سلسنر و همکاران (۲۰۲۲). کاهش RBC و هموگلوبین ظرفیت حمل اکسیژن خون را کاهش می‌دهد، که می‌تواند منجر به هیپوکسی بافتی شود. در این حالت، بافت‌ها و ارگان‌ها، به ویژه در کودکان در حال رشد، ممکن است اکسیژن کافی دریافت نکرده و این امر می‌تواند به اختلال در رشد، تکامل و عملکرد سیستم‌های مختلف بدن منجر شود. کاهش هماتوکریت ممکن است به بروز خستگی، ضعف عمومی، و کاهش تحمل فعالیت‌های جسمی منجر شود مارتنیز و همکاران (۲۰۲۳). همچنین، این کاهش‌ها می‌توانند سیستم ایمنی را تضعیف کرده و خطر ابتلا به عفونت‌های پس از جراحی را افزایش دهند. علاوه بر این، زمان بهبودی طولانی‌تر شده و ممکن است کودک قادر به بازگشت سریع به فعالیت‌های روزمره و مدرسه نباشد شکیا،ساینک و لاخی (۲۰۱۸. مطالعات نشان داده‌اند که بهبود شرایط تنفسی و هماتولوژیک در این بیماران می‌تواند نقش مهمی در تسریع فرآیند بهبودی و کاهش عوارض پس از عمل ایفا کند چنج و همکاران(۲۰۲۲) . تحقیقات نشان دهده است که استفاده از تمرینات ورزشی هوازی می تواند تاثیرات مثبتی بر کاهش شاخصهای التهابی و در نتیجه کاهش خطر عفونت، داشته باشند و روند بهبود بیماران را تسریع کند زینگ و همکاران(۲۰۱۹). علاوه بر این ورزش هوازی به‌عنوان یکی از مداخلات مؤثر بر بهبود عملکرد سیستم‌های مختلف بدن شناخته می‌شود. اکسیژن، به‌عنوان عنصری حیاتی برای متابولیسم هوازی، نقش مهمی در تأمین انرژی سلولی ایفا می‌کند و سیستم قلبی-ریوی در انتقال آن به بافت‌ها نقش کلیدی دارند.که تحقیقات نشان داد است ورزش هوازی باعث تقویت و افزایش عملکرد سیستم قلبی عروقی و تنفسی می شود.همچنین می‌تواند هموگلوبین و گلبول‌های قرمز را و در نتیجه ظرفیت حمل اکسیژن را افزایش دهد. مکانیسم‌های زمینه‌ای احتمالی عمدتاً از مغز استخوان ناشی می‌شوند هو و لین (۲۰۱۲). گرچه انتقال خون یکی از راه‌حل‌های متداول برای جبران کم‌خونی است، اما خالی از خطر نیست و به‌عنوان نوعی پیوند عضو دارای پیچیدگی‌ها و ریسک‌های خاص خود است. بااین‌حال، این فرآیند در برخی موارد، مانند کاهش شدید هموگلوبین، می‌تواند حیاتی باشد شاندر و همکاران(۲۰۱۱). از سوی دیگر، در نظر گرفتن سایر روش‌های درمانی مانند ورزش‌های هوازی به‌عنوان یک راهکار کمکی، می‌تواند به بهبود شاخص‌های هماتولوژیک و ارتقای عملکرد تنفسی کمک کند مایربورل (۲۰۱۳). ورزش هوازی با افزایش جریان خون و بهبود شاخص های هماتولوژیکی و تقویت سیستم قلبی-ریوی، می‌تواند در بهبود تأمین اکسیژن به بافت‌ها و کاهش عوارض ناشی از جراحی‌هایی وسیع مانند توراکوتومی مؤثر باشد بتچارت و همکاران (۲۰۲۱). بنابراین، درک تأثیرات مثبت

ورزش هوازی بر شاخص‌های هماتولوژیک و وضعیت تنفسی بیماران پس از جراحی‌های عمده، از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند زمینه‌ساز ارائه راهکارهای درمانی مکمل برای بهبود سریع‌تر بیماران پس از جراحی توراکوتومی شود.

روش بررسی

این پژوهش به‌صورت نیمه تجربی از نوع کاربردی است و با طراحی پیش‌آزمون-پس‌آزمون در سال۱۴۰۳انجام شد. از میان بیماران نیازمند به جراحی توراکوتومی که در بیمارستان کودکان امام حسین (ع) اصفهان بستری بودند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G.POWER، ۲۴ نفر محاسبه شد. نمونه‌گیری در این مطالعه به‌صورت غیرتصادفی و بر اساس زمان ورود به تحقیق انجام شد. به این ترتیب، به صورت تصادفی به دو گروه تمرین هوازی(۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند . این روش به دلیل محدودیت‌های موجود در تخصیص تصادفی و به منظور تسهیل فرآیند تحقیق انتخاب شد.

جامعه آماری این مطالعه شامل بیمارانی ۶ تا۱۷ سال بود که نیاز به جراحی توراکوتومی داشتند و در بیمارستان کودکان امام حسین(ع) اصفهان بستری و جراحی شدند. برای ورود آزمودنی ها به پژوهش باید معیارهای زیر بررسی میشد: ۱)رزکسیون هیچ قسمتی از ریه؛ ۲) شاخص توده بدنی ((Body Mass Index; BMI، زیر ۲۵؛ ۳) نداشتن نقص و یا منع جسمی و یا روانی که مانع یادگیری و انجام تمرین‌های 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 اکسیژن‌تراپی؛ 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 آزمودنی‌ها شرح داده شد و رضایت‌نامه کتبی و آگاهانه از والدین بیمار دریافت گردید بابا و همکاران (۲۰۲۴).

روش اجرا

ابتدا قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از قدسنج سکا با حساسیت پنج میلی‌متر و ترازوی دیجیتال بیورر مدل PS07 ساخت کشور آلمان بادقت ۰.۱ کیلوگرم اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس گروه تجربی پروتکل تمرینی موردنظر را در سالن ورزشی و با استفاده از نوار گردان اجرا کردند. در طول مدت مطالعه گروه کنترل به زندگی روزمره خود پرداخته. در طول همه مراحل آزمودنی‌ها اجازه انصراف از ادامه مطالعه را داشتند.

پروتکل تمرین

در اولین جلسه تمرینی که یک هفته پس از جراحی بود یک دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، یک مربی ورزش به همراه یک پرستار، انجام تمرینات هوازی را به شرکت کنندگان آموزش دادند. برنامه تمرین هوازی با استفاده از دستگاه نوار گردان و ۵ روز در هفته به مدت هشت هفته انجام شد و تمرینات با رعایت اصل اضافه بار اتنظیم شده بود جیانو،لیانگ و زنگ (۲۰۲۴). تمام جلسات تمرین با ۵-۱۰ دقیقه گرم کردن و همین مدت سرد کردن انجام گرفت. تمرینات اصلی به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه و با شدت ۴۰تا۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره (محاسبه بر اساس فرمول کارونن برای هر بیمار) شروع شد و در ادامه، شدت تمرینات به ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان ذخیره به مدت ۳۰ دقیقه رسید. در ابتدا و انتهای هر جلسه تمرین، شدت ورزش با استفاده از مقیاس ۱۰ امتیازی اصلاح‌شده بورگ، ارزیابی و وضعیت بیماران پایش می‌شد لانگر و همکاران (۲۰۱۸) .همانطور که گفته شد، برنامه تمرین شامل راه‌رفتن بر روی نوار گردان، پنج جلسه در هفته به مدت هشت هفته و از شدت کم به‌شدت متوسط با درنظرگرفتن اصل اضافه‌بار اجرا شد. قبل از شروع تمرینات فشارخون، ضربان قلب و میزان اکسیژن خون کنترل می‌شد کریزبویسکی و همکاران (۲۰۱۸). شدت تمرین در هفته اول از ۴۰ تا ۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره شروع شد، زمان تمرین نیز از ۲۰-۱۵ دقیقه در هفته اول شروع و هر دو هفته ۵ دقیقه به زمان تمرین و ۵ درصد به شدت تمرین، اضافه گردید. پس از گرم کردن که شامل ۱۰- ۵ دقیقه حرکات نرمشی بود آزمودنی ها تمرین اصلی را اجرا می کردند. در پایان هر جلسه تمرین به منظور سرد کردن آزمودنی ها۱۰-۵ دقیقه حرکات کششی انجام میدادند. شدت تمرین به وسیله ضربان سنج Polar H10 ساخت کشور فنلاند کنترل می شد. در تمام طول تمرین پالس اکسیمتری Beurer P030 ساخت کشور آلمان، 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، تنگی نفس، را نشان می داد، بلافاصله تمرین قطع می شد.

جدول ۱: پروتکل تمرین

هفته	زمان گرم‌کردن (دقیقه)	زمان تمرین اصلی (دقیقه)	زمان سردکردن (دقیقه)	شدت تمرین *HRR
اول	۵-۱۰	۱۵	۵-۱۰	۴۰-۵۰ درصد
دوم	۵-۱۰	۱۵	۵-۱۰	۴۰-۵۰ درصد
سوم	۵-۱۰	۲۰	۵-۱۰	۵۰-۶۰ درصد
چهارم	۵-۱۰	۲۰	۵-۱۰	۵۰-۶۰ درصد
پنجم	۵-۱۰	۲۵	۵-۱۰	۶۰-۷۰ درصد
ششم	۵-۱۰	۲۵	۵-۱۰	۶۰-۷۰ درصد
هفتم	۵-۱۰	۳۰	۵-۱۰	۷۰-۸۰ درصد
هشتم	۵-۱۰	۳۰	۵-۱۰	۷۰-۸۰ درصد

* *Heart Rate Reserve*

جمع‌آوری نمونه‌های خونی

جمع‌آوری نمونه‌های خونی جهت تعیین سطوح متغیرهای این مطالعه، پس از ۱۲-۱۰ساعت ناشتایی، صبح روز هفتم پس از جراحی برای پیش‌آزمون، و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین(پایان هفته هشتم)، برای پس آزمون انجام شد. بیماران به آزمایشگاه مراجعه و پس از ۳۰ دقیقه استراحت، نمونه خونی به مقدار ۱۰ سی سی از سیاهرگ بازویی در حالت نشسته گرفته شد. خونگیری با رعایت اصول بهداشتی توسط پرستار متخصص گرفته و بلافاصله بر حسب نوع آزمایش در لوله های آزمایش مناسب ریخته شد. و سریعا به وسیله ظرف مخصوص حمل نمونه، به آزمایشگاه جهت اندازه گیری های لازم منتقل شد. شاخص های هماتولوژیکی شامل هموگلوبین، هماتوکریت و شمارش گلوبولهای قرمز توسط دستگاه آنالایزر Advia ۲۱۲۰ برند زیمنس بررسی شد. و درصد اشباع گلوبولهای قرمز با پالس Beurer مدل P030 در پیش آزمون و پس آزمون اندازه گیری شد.

روش تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری و پالایش داده‌ها، از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای ارزیابی همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها، از آزمون لون و به‌منظور مقایسه میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در داخل گروه‌ها، از آزمون تی همبسته استفاده گردید. همچنین، برای مقایسه میانگین‌ها بین گروه تمرین و گروه کنترل، از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. کلیه‌ی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۳ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ ≥pمورد بررسی قرار گرفت

یافته‌ها

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس آزمودنی‌های دو گروه در مورد متغیرهای خونی در جدول ۳ آمده است در در رابطه با تغییرات بین گروهی برای متغیر RBC .(001/0=P) وHB .(004/0=P) و Hematocrit(005/0=P) و o2(002/0=P) نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین دو گروه وجود دارد.به طوری که در پس آزمون RBC، HB،Hematocrit و o2آزمودنی ها گروه تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش بیشتری داشت.

جدول ۲ :اطلاعات دمو گرافیک آزمودنی ها

گروه‌ها	تمرین انحراف معیار ±میانگین	کنترل انحراف معیار ± میانگین	آماره آزمون	P-مقدار
سن (سال)	۱۰±۴	۹/۸۳±۳/۸۳	۰/۱	۰/۹۱
قد (سانتی‌متر)	۱۳۷/۷۵±۲۱/۰۴	۱۳۷/۴۱±۲۱/۰۰	۰/۰۳	۰/۹۱
وزن (کیلوگرم)	۳۵/۸۳±۱۵/۳۵	۳۴/۸۳±۱۶/۶۹	۰/۱۵	۰/۸۸
شاخص توده بدنی	۱۸/۴۳±۳/۲۳	۱۷/۶۳±۳/۱۳	۰/۶۰	۰/۹۱

جدول ۳ : بررسی نرمالیته بودن با آزمون شاپیرو ویلک

متغیر	نوبت آزمون	P-مقدار
RBC	پیش‌آزمون	۰/۱۲
	پس‌آزمون	۰/۱۲
HB	پیش‌آزمون	۰/۵۱
	پس‌آزمون	۰/۷۰
Hematocrit	پیش‌آزمون	۰/۲۵
	پس‌آزمون	۰/۱۴
o_2	پیش‌آزمون	۰/۱۹

جدول ۴: داده های مربوط به آزمون تی همبسته جهت مقایسه درون گروهی دو گروه

متغیر	نوبت آزمون	گروه تمرین انحراف معیار ±میانگین	آماره آزمون	p-مقدار آزمون	گروه کنترل انحراف معیار ±میانگین	آماره آزمون	p-مقدار
RBC	پیش آزمون	۳/۷۶±۰/۱۰	۲۴/۰۵۱	۰/۰۰۱	۳/۷۸±۰/۱۲	۲۵/۶۴۰	۰/۰۰۰۱

	پس‌آزمون	۵/۱۵±۰/۲۳			۴/۶۵±۰/۲۱		
HB	پیش آزمون	۱۰/۵۹±۱/۱۲	۴۸/۶۴۵	۰/۰۰۱	۱۰/۵۴±۱/۱۱	۱/۹۲۵۶	۰/۱۹
	پس‌آزمون	۱۳/۳۰±۱/۴۵			۱۱/۶۸±۱/۳۵		
Hematocrit	پیش آزمون	۳۵/۵۸±۱/۴۸	۱۱/۲۶۶۱	۰/۰۰۱	۳۵/۴۸±۱/۳۶	۸/۲۵۸	۰/۰۰۰۱
	پس‌آزمون	۴۰/۵۸±۱/۵۵			۳۸/۱۶±۱/۵۰		
o_2	پیش آزمون	۸۹/۵۸±۲/۱۱	۶/۶۴۷	۰/۰۰۶	۸۸/۸۳±۲/۱۲	۵/۵۷۸	۰/۰۱
	پس‌آزمون	۹۶/۹۱±۳/۸۰			۹۴/۵۸±۳/۶۶		

جدول ۵ :داده های مربوط به آزمون تحلیل کووراینس جهت بررسی متغیر مستقل و پیش بین جهت دو گروه

متغیر	گروه	میانگین	درجه آزادی	تفاوت میانگین	آماره آزمون	p-مقدار	اندازه اثر
RBC	تمرین	۵/۱۵	۱	۰/۵	۲۰۳/۵۷۱	۰/۰۰۱	۰/۹۰
	کنترل	۴/۶۵					
HB	تمرین	۰/۱۵	۱	۰/۰۱	۵۶۴/۵۵۲	۰/۰۰۱	۰/۹۶
	کنترل	۰/۱۴					
Hematocrit	تمرین	۴۰/۵۸	۱	۲/۴۲	۳۹/۶۵۴	۰/۰۰۱	۰/۶۵
	کنترل	۳۸/۱۶					
o_2	تمرین	۹۶/۹۱	۱	۲/۳۱	۱۲/۲۷۴	۰/۰۰۲	۰/۳۶
	کنترل	۹۴/۵۸					

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، اثر ۸ هفته تمرین هوازی بر شاخص‌های هماتولوژیک و وضعیت تنفسی بیماران پس از جراحی توراکوتومی بررسی شد. نتایج نشان داد که تمرینات هوازی تأثیرات مثبت قابل توجهی بر این شاخص‌ها داشته است. در پاسخ به هیپوکسی نسبی ناشی از فعالیت ورزشی، کلیه‌ها اریتروپویتین تولید می‌کنند که نقشی کلیدی در افزایش سنتز گلبول‌های قرمز و در نتیجه تولید بیشتر هموگلوبین ایفا می‌کند. این فرآیند به افزایش ظرفیت حمل اکسیژن خون و بهبود عملکرد ورزشی و سلامتی کمک می‌کند. علاوه بر این، ورزش هوازی از طریق تحریک استرس اکسیداتیو ملایم، که یکی از نتایج مثبت فعالیت بدنی است، موجب افزایش بیان ژن‌های مرتبط با بیوژنز میتوکندری و سنتز هموگلوبین می‌شود. این مکانیسم‌ها به بهبود کارایی سلولی و ارتقاء توانایی انتقال اکسیژن در بدن کمک می‌کنند یاداو و سیانی (۲۰۱۵). علاوه بر این ورزش هوازی به افزایش تولید نیتریک اکسید در بدن منجر می‌شود. این مولکول نقش حیاتی در گشاد کردن عروق خونی ایفا می‌کند، که باعث بهبود جریان خون و انتقال اکسیژن به بافت‌ها می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که افزایش تولید نیتریک اکسید در پاسخ به تمرینات هوازی می‌تواند به بهبود عملکرد قلبی-عروقی و افزایش ظرفیت تبادل گازهای تنفسی در بدن کمک کند، که در نهایت منجر به افزایش کارایی ورزشی و بهبود عملکرد بافتی می‌شود فبیان و همکاران (۲۰۱۱). همچنین اثر بوهر در طی ورزش به‌ویژه در بافت‌های فعال که نیاز به اکسیژن بیشتری دارند، به‌طور مؤثر فعال می‌شود. هنگامی که عضلات در حال فعالیت هستند، تولید $CO2$ افزایش می‌یابد که باعث کاهش موقت pH محیط می‌شود. این تغییرات شیمیایی موجب کاهش میل هموگلوبین به اکسیژن می‌شود، بنابراین هموگلوبین اکسیژن بیشتری را آزاد کرده و آن را به بافت‌های نیازمند تحویل می‌دهد. این فرآیند به‌ویژه در ورزش‌های استقامتی که به تأمین مداوم اکسیژن برای عضلات فعال نیاز دارند، حیاتی است. بهبود کارایی انتقال اکسیژن در این نوع ورزش‌ها به افزایش عملکرد و کاهش خستگی عضلانی کمک می‌کند، به‌طوری که بدن می‌تواند مدت زمان طولانی‌تری به فعالیت ادامه دهد پیپالاپالی و لومب (۲۰۲۳). مطالعه ای توسط فرانک و همکاران (۲۰۱۹) بر روی ده شناگر سالم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تمرینات هوازی می‌تواند به طور معناداری سطح هموگلوبین و سایر پارامترهای هماتولوژیک را بهبود بخشد. این مطالعه بیان می‌کند که شنا موجب افزایش سطح نیتریک اکسید و تأثیرات مثبت بر عملکرد خون در افراد می‌شود. این یافته‌ها تأکید می‌کند که ورزش‌های هوازی می‌تواند به افزایش ظرفیت اکسیژن‌رسانی و بهبود شاخص‌های خونی در افراد کمک کند، که به طور مستقیم با نتایج تحقیق حاصر مطابقت دارد و اهمیت تأثیر مثبت ورزش بر این شاخص‌ها را تأیید می‌کند تورگای و همکاران (۲۰۱۹). تمرینات هوازی با ایجاد هیپوکسی موقت می‌توانند تولید گلبول‌های قرمز را به طور معناداری افزایش دهند. این اثر به‌ویژه از طریق فعال‌سازی فاکتور القایی هیپوکسی ($HIF\text{-}1\alpha$صورت می‌گیرد که نقش کلیدی در پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن به کمبود اکسیژن دارد. $HIF\text{-}1\alpha$ با افزایش بیان ژن اریتروپویتین، سنتز گلبول‌های قرمز را تسریع می‌کند و از طریق تنظیم متابولیسم آهن، شرایط لازم برای تولید هموگلوبین و گلبول‌های قرمز سالم را فراهم می‌آورد. علاوه بر این، این فاکتور به تنظیم پاسخ‌های متابولیکی سلولی کمک می‌کند و با پاسخ دادن به نیاز بافت‌ها به اکسیژن و مواد غذایی، به بهبود عملکرد هماتولوژیک و افزایش ظرفیت انتقال اکسیژن در بدن کمک می‌نماید. این فرآیند به‌ویژه در ورزش‌های استقامتی که نیاز به تأمین مداوم اکسیژن برای عضلات فعال دارند، باعث بهبود عملکرد بدن می شود باشررودین و کوسیان (۲۰۲۴). ورزش هوازی با تحریک مسیرهای مولکولی نظیر $PGC\text{-}1\alpha$ و $NRF1$ که از تنظیم‌کننده‌های کلیدی بیوژنز میتوکندری هستند، باعث افزایش تولید میتوکندری می‌شود. این فرآیند نه تنها توانایی سلول‌ها در تولید انرژی را افزایش می‌دهد، بلکه با کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود کارایی متابولیک، به حفظ و عملکرد گلبول‌های قرمز کمک می‌کند. این تأثیرات می‌توانند به‌طور چشمگیری انتقال اکسیژن به بافت‌ها را بهبود بخشند. به‌ویژه، ورزش هوازی از طریق تقویت عملکرد میتوکندری‌ها و تحریک فرآیند اتوفاژی جهت حذف میتوکندری‌های آسیب‌دیده، کارایی سلول‌ها را ارتقا می‌دهد. در نتیجه، ورزش هوازی با افزایش بیوژنز میتوکندری در سلول‌های بنیادی مغز استخوان، تولید گلبول‌های قرمز را تقویت کرده و در عین حال عملکرد متابولیک آنها را نیز بهبود می‌بخشد، که این فرآیند موجب افزایش بهره‌وری انتقال اکسیژن و بهبود سلامت عمومی می‌شود گو و همکاران (۲۰۲۲). علاوه بر این، استرس اکسیداتیو کنترل‌شده ناشی از تمرینات هوازی، موجب تقویت مسیرهای آنتی‌اکسیدانی می‌شود که از جمله آن‌ها افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز است. این آنزیم با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، از آسیب اکسیداتیو به سلول‌ها جلوگیری کرده و به طول عمر گلبول‌های قرمز کمک می‌کند. در این راستا، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به ورزش،

نه تنها باعث بهبود سلامت سلولی می‌شود، بلکه موجب افزایش کارایی انتقال اکسیژن و کاهش تخریب سلولی نیز می‌گردد، که در نهایت کیفیت و عملکرد گلبول‌های قرمز را تقویت می‌کند جاستل و همکاران (۲۰۱۸). تحقیقی که توسط سورنت (۲۰۲۱) در زمینه تأثیر ورزش هوازی بر بیوژنز میتوکندری انجام شده است نشان می‌دهد که ورزش هوازی از طریق تحریک مسیرهای مولکولی مانند PGC-1α و NRF1، که تنظیم‌کننده‌های اصلی تولید میتوکندری هستند، باعث افزایش بیوژنز میتوکندری می‌شود. این فرآیند نه‌تنها توانایی سلول‌ها را برای تولید انرژی افزایش می‌دهد، بلکه با کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود عملکرد متابولیک، به طول عمر و کیفیت گلبول‌های قرمز نیز کمک می‌کند و همینطور با تحریک اتوفاژی برای حذف میتوکندری‌های آسیب‌دیده، کارایی سلولی را افزایش می‌دهد.که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد سورنتو و همکاران (۲۰۲۱). در مطالعه ای که اونور و همکاران (۲۰۱۱) بر بیماران مبتلا به آسم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تمرینات ورزشی باعث عملکرد بهتر ریه می شود که ممکن است به علت تاثیر مثبت ان بر وضعیت آنتی اکسیدانی باشد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات هوازی موجب افزایش هماتوکریت در بیماران پس از جراحی توراکوتومی می‌شود. این اثر عمدتاً به دلیل تولید بیشتر گلبول‌های قرمز و کاهش التهاب سیستمیک است. التهاب مزمن پس از جراحی می‌تواند با اختلال در عملکرد مغز استخوان و کاهش تولید سلول‌های خونی همراه باشد. با این حال، تمرینات هوازی با کاهش سطح سیتوکین‌های التهابی، از جمله IL-6، و همچنین بهبود تعادل حجم پلاسمای خون، می‌تواند این اثرات منفی را تعدیل کرده و به بازیابی سریع‌تر عملکرد مغز استخوان و تولید گلبول‌های قرمز کمک کند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که تمرینات هوازی به عنوان یک مداخله مؤثر می‌تواند به کاهش التهاب و بهبود هماتولوژیک پس از جراحی کمک کند دوچری و همکاران (۲۰۲۲). از نظر بیوشیمیایی، بهینه‌سازی هماتوکریت از طریق ایجاد تعادل بین تولید گلبول‌های قرمز و حجم پلاسما حاصل می‌شود. این فرآیند به طور عمده با افزایش تولید گلبول‌های قرمز در مغز استخوان و تنظیم حجم پلاسمای خون در ارتباط است. علاوه بر این، اثر بوهر به‌طور چشمگیری بر بهبود عملکرد هماتوکریت تأثیر دارد. این اثر با تنظیم pH خون و افزایش آزادسازی اکسیژن از هموگلوبین به سلول‌ها، فرآیند اکسیژناسیون بافتی را بهبود می‌بخشد و به تأمین اکسیژن بیشتر برای بافت‌ها کمک می‌کند. این مکانیسم‌ها از اهمیت بالایی برخوردار هستند چرا که به بهبود کارایی سیستم تنفسی و انتقال اکسیژن به بافت‌های فعال کمک می‌کنند ماربورل (۲۰۱۳).

در مطالعه ای که الیوریا و همکاران (۲۰۰۹) بر روی کودکان مبتلا به فیبروز کیستیک انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ورزش هوازی باعث بهبود التهاب، کیفیت زندگی و وضعیت تنفسی بیماران می شود.که این بهبود میتواند به علت کاهش سایتوکاینهای التهابی و در نتیجه کاهش ریسک عفونت باشد. که این نتایج با یافته های ما همسو می باشد. در مطالعه ای دی اندراد و همکاران (۲۰۱۴) بر ۳۳ کودک مبتلا به آسم انجام دادند، اعلام کردن که تمرینات هوازی باعث افزایش ظرفیت عملکردی، حداکثر فشار تنفسی و کیفیت زندگی بیماران می شود. بهبود اشباع اکسیژن خون یکی از دستاوردهای کلیدی این پژوهش بود. تمرینات هوازی با تقویت ظرفیت ریوی، بهبود عملکرد عضلات تنفسی و ارتقاء تهویه آلوئولی، تبادل گازی در ریه‌ها را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد. در سطح سلولی، تولید نیتریک اکسید که در پی ورزش افزایش می‌یابد، موجب گشاد شدن عروق ریه و بهبود جریان خون می‌شود که در نهایت به افزایش سطح اشباع اکسیژن خون منجر می‌شود. علاوه بر این، تحریک بیوژنز میتوکندری ناشی از ورزش هوازی، به بهبود کارایی سلول‌های عضلانی در مصرف اکسیژن کمک می‌کند. این تغییرات نه تنها ظرفیت تحمل فعالیت را افزایش می‌دهند، بلکه موجب کاهش استرس اکسیداتیو نیز می‌شوند، که برای بیماران ریوی اهمیت ویژه‌ای دارد. بهبود عملکرد میتوکندری به کاهش خستگی عضلانی و بهبود کارایی تنفسی در این بیماران کمک می‌کند گو و همکاران (۲۰۲۲). در مطالعه ای که بگز و همکاران (۲۰۱۲) انجام دادند اعلام کردند تمرین شنا با تغییرات قابل توجهی در حجم بازدم اجباری در یک ثانیه ((FEV1، تأثیر مثبتی بر عملکرد ریه داشته است که با نتایج حاصل از تحقیق ما همسو است. در مطالعه کروسبی (۲۰۱۲) که روی بیماران مبتلا به اسم ۶تا ۱۸ ساله انجام داد، اعلام کرد که تمرینات بدنی باعث بهبود عملکرد ریوی در کودکان مبتلا به آسم نمی شود. که این با یافته های تحقیق حاضر مغایرت دارد.

تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تمرینات هوازی تأثیرات مثبتی بر وضعیت هماتولوژیک و تنفسی بیماران ریوی پس از جراحی توراکوتومی داشته است. یافته‌ها نشان داد که تمرینات هوازی قادر به بهبود ظرفیت ریوی، عملکرد عضلات تنفسی و تبادل گازی در ریه‌ها هستند. این تأثیرات از طریق تحریک مکانیزم‌های فیزیولوژیکی مختلف از جمله تولید نیتریک اکسید و بهبود

جریان خون در ریه‌ها، افزایش اشباع اکسیژن خون و کاهش التهاب سیستمیک به وقوع پیوسته است. علاوه بر این، تمرینات هوازی با افزایش بیوژنز میتوکندری در سلول‌های عضلانی و بهبود کارایی مصرف اکسیژن توسط سلول‌ها، باعث ارتقاء ظرفیت تحمل فعالیت و کاهش استرس اکسیداتیو می‌شوند. این اثرات به ویژه برای بیماران ریوی که به علت بیماری‌های مزمن تنفسی دچار محدودیت در عملکرد تنفسی و فعالیت بدنی هستند، حائز اهمیت است. بهبود عملکرد میتوکندری نه تنها به کاهش خستگی عضلانی کمک می‌کند، بلکه باعث بهبود کارایی تنفسی و در نتیجه کیفیت زندگی این بیماران می‌شود. تمرینات هوازی به‌ویژه در بهبود وضعیت هماتولوژیک بیماران مؤثر بوده و با افزایش تولید گلبول‌های قرمز و هموگلوبین، ظرفیت حمل اکسیژن خون را تقویت می‌کند. این فرآیند در نتیجه تأثیرات هیپوکسی موقت ناشی از ورزش و فعال‌سازی فاکتورهای مولکولی مانند HIF-1α و افزایش بیان ژن اریتروپویتین اتفاق می‌افتد. این تأثیرات در بهبود عملکرد مغز استخوان و سیستم هماتولوژیک بیماران مشهود است. این تحقیق بر اهمیت تمرینات هوازی در بازتوانی بیماران ریوی پس از جراحی تأکید دارد. بهبود اشباع اکسیژن خون، افزایش ظرفیت ریوی و بهبود وضعیت هماتولوژیک از جمله دستاوردهای کلیدی این نوع تمرینات است که می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی بیماران و افزایش توانایی‌های جسمی آنها پس از جراحی کمک کند.

محدودیت‌ها و پیشنهادها برای تحقیقات آینده

یکی از محدودیت‌های اصلی این مطالعه، حجم نمونه نسبتاً کوچک است که ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. همچنین، مطالعه به مدت کوتاه ۸ هفته بود و برای بررسی اثرات بلندمدت تمرینات هوازی بر شاخص‌های هماتولوژیکی و تنفسی، تحقیقات بیشتری با مدت زمان طولانی‌تر مورد نیاز است.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، حجم نمونه بزرگ‌تری استفاده شود و تأثیر تمرینات ورزشی مختلف با شدت‌ها و مدت‌زمان‌های متفاوت بر شاخص‌های هماتولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از تمامی کسانی که در انجام این تحقیق همکاری کردند، به‌ویژه استادان، مشاوران، و پرسنل بیمارستان، صمیمانه سپاسگزارم. همچنین، از بیماران و خانواده‌هایشان که با مشارکت فعال خود به موفقیت این پروژه کمک کردند، قدردانی می‌کنم. این تحقیق دارای کد اخلاق به شماره (IR.IAU.KHUISF.REC.1403.247)از دانشگاه ازاد اسلامی – واحد اصفهان (خوراسگان) می باشد.

نقش نویسندگان

لیلی کلانتری: نویسنده اصلی

دکتر خسرو جلالی دهکردی: استاد راهنما که با راهنمایی‌های تخصصی و حمایت‌های علمی خود در انجام این تحقیق نقش کلیدی ایفا کردند.

دکتر فرزانه تقیان: استاد مشاور که با راهنمایی‌های خویش مرا یاری کردند.

دکتر محمد امید استاد مشاور دوم که با راهنمایی های خویش کمک شایانی کردند.

منابع مالی

این پژوهش هیچ حمایت مالی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

منابع

Baba, A., Smith, M., Potter, B. K., Chan, A.-W., Moher, D., & Offringa, M. (2024). Guidelines for reporting pediatric and child health clinical trial protocols and reports: study protocol for SPIRIT-Children and CONSORT-Children. Trials, 25(1), 96.

Barshtein, G., Livshits, L., Gural, A., Arbell, D., Barkan, R., Pajic-Lijakovic, I., & Yedgar, S. (2024). Hemoglobin Binding to the Red Blood Cell (RBC) Membrane Is Associated with Decreased Cell Deformability. International Journal of Molecular Sciences, 25(11), 5814.

Basheeruddin, M., & Qausain, S. (2024). Hypoxia-Inducible Factor 1-Alpha (HIF-1α): An Essential Regulator in Cellular Metabolic Control. Cureus, 16(7), e63852.

Beggs, S., Foong, Y. C., Le, H. C. T., Noor, D., Wood-Baker, R., & Walters, J. A. (2013). Swimming training for asthma in children and adolescents aged 18 years and under. Evidence-Based Child Health: A Cochrane Review Journal, 8(5), 1514-1581.

Betschart, M., Rezek, S., Unger, I., Beyer, S., Gisi, D., Shannon, H., & Sieber, C. (2021). Feasibility of an outpatient training program after COVID-19. International journal of environmental research and public health, 18(8), 3978.

Chang, I. F., Shih, W. L., Liu, Y. C., Ho, T. W., Yen, T. Y., Chang, H. H., . . . Lai, F. (2022). The association of anemia with the clinical outcomes of community-acquired pneumonia in children. Pediatric Pulmonology, 57(6), 1416-1424.

Crosbie, A. (2012). The effect of physical training in children with asthma on pulmonary function, aerobic capacity and health-related quality of life: a systematic review of randomized control trials. Pediatric exercise science, 24(3), 472-489.

De Andrade, L. B., Britto, M. C., Lucena-Silva, N., Gomes, R. G., & Figueroa, J. N. (2014). The efficacy of aerobic training in improving the inflammatory component of asthmatic children. Randomized trial. Respiratory medicine, 108(10), 1438-1445.

de Oliveira, A. C. N., de Oliveira, J. C. M., Mesquita-Ferrari, R. A., Damasceno, N., Oliveira, L. V., & Sampaio, L. M. (2009). Inflammatory process modulation in children with cystic fibrosis submitted to aerobic training. Archives of Medical Science, 5(3), 422-426.

Docherty, S., Harley, R., McAuley, J. J., Crowe, L. A., Pedret, C., Kirwan, P. D., . . . Millar, N. L. (2022). The effect of exercise on cytokines: implications for musculoskeletal health: a narrative review. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 14(1), 5.

Fabian, E., Pölöskey, P., Kósa, L., Elmadfa, I., & Réthy, L. A. (2011). Activities of antioxidant enzymes in relation to oxidative and nitrosative challenges in childhood asthma. Journal of Asthma, 48(4), 351-357.

Frede, S., Freitag, P., Geuting, L., Konietzny, R., & Fandrey, J. (2011). Oxygen-regulated expression of the erythropoietin gene in the human renal cell line REPC. Blood, The Journal of the American Society of Hematology, 117(18), 4905-4914.

Grzybowski, A., Told, R., Sacu, S., Bandello, F., Moisseiev, E., Loewenstein, A., . . . Board, E. (2018). 2018 update on intravitreal injections: euretina expert consensus recommendations. Ophthalmologica, 239(4), 181-193.

Gu, C., Yan, J., Zhao, L., Wu, G., & Wang, Y.-l. (2022). Regulation of mitochondrial dynamics by aerobic exercise in cardiovascular diseases. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 8, 788505.

Halperin, M. L., Cheema-Dhadli, S., Lin, S.-H., & Kamel, K. S. (2006). Properties permitting the renal cortex to be the oxygen sensor for the release of erythropoietin: clinical implications. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 1(5), 1049-1053.

Hu, M., & Lin, W. (2012). Effects of exercise training on red blood cell production: implications for anemia. Acta haematologica, 127(3), 156-164.

Iturriaga, R., Alcayaga, J., Chapleau, M. W., & Somers, V. K. (2021). Carotid body chemoreceptors: physiology, pathology, and implications for health and disease. Physiological reviews, 101(3), 1177-1235.

Jiao, M., Liang, H., & Zhang, M. (2024). Effect of exercise on postoperative recovery of patients with non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis. Discover Oncology, 15(1), 230.

Jin, X., Zhang, Y., Wang, D., Zhang, X., Li, Y., Wang, D., . . . Song, H. (2024). Metabolite and protein shifts in mature erythrocyte under hypoxia. Iscience.

Joschtel, B., Gomersall, S. R., Tweedy, S., Petsky, H., Chang, A. B., & Trost, S. G. (2018). Effects of exercise training on physical and psychosocial health in children with chronic respiratory disease: a systematic review and meta-analysis. BMJ open sport & exercise medicine, 4(1), e000409.

Kandoi, K., Gan, S., Gamboa, D., & Ganigara, M. (2024). High-output cardiac failure in the setting of iron deficiency anaemia: a case report. Cardiology in the Young, 1-2.

Kishimoto, S., Maruhashi, T., Kajikawa, M., Matsui, S., Hashimoto, H., Takaeko, Y., . . . Kihara, Y. (2020). Hematocrit, hemoglobin and red blood cells are associated with vascular function and vascular structure in men. Scientific reports, 10(1), 11467.

Langer, D., Ciavaglia, C., Faisal, A., Webb, K. A., Neder, J. A., Gosselink, R., . . . O'Donnell, D. E. (2018). Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. Journal of applied physiology, 125(2), 381-392.

Leigh Selesner, M., Brian Yorkgitis, D., Matthew Martin, M., Grace Ng, M., Kaushik Mukherjee, M., Romeo Ignacio, M., . . . Marie Crandall, M. Emergency Department Thoracotomy in Children: A PTS, WTA, and EAST Systematic Review and Practice Management Guideline. (2022)

Licker, M., El Manser, D., Bonnardel, E., Massias, S., Soualhi, I. M., Saint-Leger, C., & Koeltz, A. (2024). Multi-Modal Prehabilitation in Thoracic Surgery: From Basic Concepts to Practical Modalities. Journal of Clinical Medicine, 13(10), 2765.

Ma, X., Zou, Z., & Shi, Q. (2024). Hypoxic Signal Transduction and Compensatory Mechanisms in the Neurovascular Unit. Journal of Integrative Neuroscience, 23(8), 149.

Mairbäurl, H. (2013). Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. Frontiers in physiology, 4, 332.

Martinez-Torres, V., Torres, N., Davis, J. A., & Corrales-Medina, F. F. (2023). Anemia and associated risk factors in pediatric patients. Pediatric Health, Medicine and Therapeutics, 267-280.

Nangaku, M., & Eckardt, K.-U. (2006). Pathogenesis of renal anemia. Paper presented at the Seminars in nephrology.

Onur, E., Kabaroğlu, C., Günay, Ö., Var, A., Yilmaz, Ö., Dündar, P., . . . Yüksel, H. (2011). The beneficial effects of physical exercise on antioxidant status in asthmatic children. Allergologia et immunopathologia, 39(2), 90-95.

Osia, S., Molaie, R. S., & Hadipoor, A. (2018). A 15 year review of the causes of thoracotomy in Amirkola children's hospital. Iranian Journal of Pediatric Surgery, 4(1), 32-39.

Pippalapalli, J., & Lumb, A. (2023). The respiratory system and acid–base disorders. BJA education, 23(6), 221-228.

Ranjan, A., Bose, V., Sahu, S. S., Singh, A. K., Lakra, P. S., & Birua, H. MANAGEMENT OF EMPYEMA THORACIS IN CHILDREN IN COVID ERA. 14(06), 2023.

Shakya, H., Singh, S., & Lakhey, A. (2018). Anemia as a risk factor for acute lower respiratory tract infection in children below five years of age. Nepalese Medical Journal, 1(1), 5-8.

Shander, A., Javidroozi, M., Ozawa, S., & Hare, G. (2011). What is really dangerous: anaemia or transfusion? British journal of anaesthesia, 107(suppl_1), i41-i59.

Shiono, S., Abiko, M., & Sato, T. (2013). Postoperative complications in elderly patients after lung cancer surgery. Interactive cardiovascular and thoracic surgery, 16(6), 819-823.

Singel, D. J., & Stamler, J. S. (2005). Chemical physiology of blood flow regulation by red blood cells: the role of nitric oxide and S-nitrosohemoglobin. Annu. Rev. Physiol., 67, 99-145.

Sorriento, D., Di Vaia, E., & Iaccarino, G. (2021). Physical exercise: a novel tool to protect mitochondrial health. Frontiers in physiology, 12, 660068.

Turgay, F., Ongun, M. A., Ongun, M. A., Şişman, A. R., & Çolakoğlu, M. (2019). The Effects of Swimming on Blood Nitric Oxide and Haematological Parameters. Spor Hekimliği Dergisi, 54(1), 024-032.

Weidemann, A., & Johnson, R. S. (2009). Nonrenal regulation of EPO synthesis. Kidney International, 75(7), 682-688.

Wu, H., Yuan, J., & Qiu, L. (2022). Effects of Video Combined with the Teach-Back Method on the Respiratory Function Exercise of Patients Undergoing Thoracotomy. Journal of Cancer Therapy, 13(5), 243-251.

Yadav, A. S., & Saini, M. (2015). Evaluation of systemic antioxidant level and oxidative stress in relation to lifestyle and disease progression in asthmatic patients. Journal of Medical Biochemistry, 35(1), 55.

Zheng, G., Qiu, P., Xia, R., Lin, H., Ye, B., Tao, J., & Chen, L. (2019). Effect of aerobic exercise on inflammatory markers in healthy middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Frontiers in aging neuroscience, 11, 98.