



Studying the Effects of Eight Weeks of Training at Varying Slopes on Performance Factors in Mountain Runners in Khorramabad City

Mohamad Shirzadi¹, Rahim Mirnasuri², Masoud Rahmati³, Hadis Mehrabi Fard⁴

¹ PhD. Student, Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. shirzadim205@gmail.com

² PhD. Student, Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran (**Corresponding author**). mirnasuri.r@lu.ac.ir

³ Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. rahmati.mas@lu.ac.ir

⁴ Master's student, Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. mehrabihadis796@gmail.com

Abstract

Objective: The aim of the present study is to investigate the effects of training on a treadmill at various slopes—specifically, a positive slope of 5 degrees, a negative slope of 5 degrees, and a zero slope—on physiological indicators in mountain runners.

Method: The statistical population of the present study comprises endurance and semi-endurance runners in Khorramabad city. Forty volunteers were randomly selected. The sampling method employed was simple random sampling, and after the selection of the participants, they were divided into three experimental groups, each undergoing training on different slopes, along with a control group. For data analysis, the Shapiro-Wilk test, one-way ANOVA, and dependent t-tests were utilized, with a significance level set at $p \leq 0.05$.

Findings: Training at a negative slope, a positive slope of 5, and a zero slope resulted in improvements in both aerobic and anaerobic power. These results suggest that running on inclines may be more effective in developing aerobic power in athletes with a training background compared to traditional long-term aerobic training methods. Additionally, training programs with positive and negative inclines of 5 degrees can serve as alternative methods for coaches to enhance anaerobic power.

Conclusion: Running on inclines may effectively enhance aerobic power in athletes with a training background.

Keywords: Mountain runners, Negative incline, Positive incline, Endurance, Performance factors, Khorramabad City.

Cite: Shirzadi, M., Mirnasuri, R., Rahmati, M. & Mehrabi Fard, H. (2025). Studying the Effects of Eight Weeks of Training at Varying Slopes on Performance Factors in Mountain Runners in Khorramabad City. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 1(3), p. 87-104. <https://doi.org/10.22091/ARSNES.2024.10529.1010>

Received: 2024-04-12 ; **Revised:** 2024-06-04 ; **Accepted:** 2024-06-30 ; **Published online:** 2024-09-23

© The Author(s).

Article type: Research Article

Published by: University of Qom.





بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین در شیب های مختلف بر برخی فاکتورهای عملکردی دوندگان کوهستان

محمد شیرزادی^۱، رحیم میرنصوری^۲، مسعود رحمتی^۳، حدیث مهرایی فرد^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
shirzadim205@gmail.com

^۲ دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران (نویسنده مسئول).
mimasuri.r@lu.ac.ir

^۳ استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
rahmati.mas@lu.ac.ir

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
mehrabiadis796@gmail.com

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر، بررسی یک دوره تمرینات در شیب های مختلف بر روی ترمیم با شیب مثبت ۵، منفی ۵ و شیب صفر بر شاخص های فیزیولوژیکی در دوندگان کوهستان می باشد.

روش: جامعه آماری پژوهش حاضر را دوندگان استقامت و نیمه استقامت شهر خرم آباد تشکیل می دهند. ۴۰ نفر داوطلب به صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه گیری آزمودنی ها به صورت تصادفی ساده می باشد و پس از انتخاب آزمودنی ها، افراد به سه گروه تجربی تمرین در سه شیب مختلف و یک گروه کنترل تقسیم شدند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش های آماری شاپیروویک، آنوای یک طرفه و t وابسته با تعیین سطح معنی داری $p \leq 0.05$ استفاده شد.

یافته ها: تمرینات با شیب منفی، مثبت ۵ و صفر منجر به بهبود در توان هوازی و بی هوازی شده است. این نتایج نشان می دهد که استفاده از دو بر روی سطوح شیب دار ممکن است در توسعه قدرت هوازی در ورزشکاران با پیش زمینه تمرینی، به جای مطالعات قدرت هوازی با ویژگی هوازی طولانی مدت مؤثرتر باشد. همچنین، برنامه های تمرینی با شیب مثبت و منفی ۵ می تواند به عنوان روش های جایگزین توسط مربیان برای بهبود توان بی هوازی مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری: استفاده از دویدن بر روی سطوح شیب دار ممکن است در توسعه قدرت هوازی در ورزشکاران با پیش زمینه تمرینی مؤثر باشد.

کلیدواژه ها: دوندگان کوهستان، شیب منفی، شیب مثبت، استقامت، فاکتورهای عملکردی، شهر خرم آباد.

استاد به این مقاله: شیرزادی، محمد؛ میرنصوری، رحیم؛ رحمتی، مسعود؛ مهرایی فرد، حدیث (۱۴۰۳). بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین در شیب های مختلف بر

برخی فاکتورهای عملکردی دوندگان کوهستان. پژوهش های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین، ۱۱(۳)، ۸۷-۱۰۴.

<https://doi.org/10.22091/ARSNES.2024.10529.1010>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۴؛ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

ناشر: دانشگاه قم

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان.



۱. مقدمه

یکی از مسابقات رایج دوی مسافت طولانی، دوی کوهستان است. دوی کوهستان به غیر از سرعت، به استقامت هوازی زیادی نیاز دارد و اساساً یک رویداد هوازی یا استقامتی است. در این رابطه تحمل لاکتیک و افزایش ظرفیت اکسیداتیو کربوهیدرات نقش حیاتی دارد. برای دستیابی به نتایج مطلوب، روش‌های تمرینی نقش حیاتی ایفا می‌کنند. برای بارگذاری بیش از حد ظرفیت هوازی دونده، شدت، مدت و تعداد جلسات دویدن مهم است. عملکرد دویدن در مسیر، نیازمند یک رژیم ورزشی قدرتمند است؛ که شامل توزیع برابر انرژی از منبع هوازی و بی‌هوازی است. تمرینات ترکیبی در سربالایی و سراسیمی، عملکرد را بهبود می‌بخشد؛ اما این ادعاها از نظر علمی ثابت نشده است. دویدن در سربالایی برای افزایش قدرت پا در دوندگان سرعت استفاده می‌شود. در دویدن در سربالایی، عضلات چهار سر ران و ساق پا بیشترین کار را انجام می‌دهند، بنابراین، حداکثر سود را می‌برند. فواید دویدن در سربالایی علمی است؛ زیرا ورزشکاران هنگام دویدن به سمت بالا، در مقایسه با زمانی که روی سطح صاف می‌دوند، پاهای خود را قوی‌تر می‌رانند. دویدن در سراسیمی باعث افزایش طول گام و گردش سریع می‌شود و این تمرین به‌طور طبیعی توسط ورزشکار به سطح صاف منتقل می‌شود. در استقامت، قدرت و تحمل لاکتات مفید است. اگرچه اهمیت دویدن در سربالایی‌ها و سراسیمی‌ها ثبت شده است؛ اما مطالعات علمی در این زمینه اندک است (۱). کاملاً مشخص است که تمرینات استقامتی منظم به دلیل افزایش استفاده از اکسیژن و بسترهای متابولیکی توسط عضلات در حال انجام، عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشد. از سوی دیگر، تمرینات با شدت بالا و کوتاه‌مدت اغلب برای بهبود عملکرد توسط ورزشکاران استقامتی استفاده می‌شود (۲). سرعت دویدن برای موفقیت در بسیاری از ورزش‌ها ضروری است و از روش‌های مختلف تمرینی برای بهبود عملکرد دوی سرعت استفاده شده است. دویدن با حداکثر سرعت در سطوح شیب‌دار، روش تمرینی گسترده‌ای است که هدف از آن، ایجاد محرک اضافی برای بهبود سرعت است (۳). عملکرد دویدن تحت تأثیر عوامل مکانیکی، فیزیولوژیکی، تن‌سنجی، عصبی-عضلانی و عوامل محیطی است (۱). بنابراین، دستاوردهای یک یا چند مورد از این دسته‌ها باعث عملکرد بهتر ورزشی می‌شود. عوامل محیطی، مانند کم‌آبی و هایپوترمی می‌توانند عملکرد فیزیولوژیکی را تغییر دهند (۴). عوامل جغرافیایی، مربوط به ژئومورفولوژی و تغییرات سطح و زمین، از جمله شیب است. بدیهی است که تفاوت‌هایی در متغیرهای مکانیکی، بین دو سطح صاف و سربالایی وجود دارد (۵). دویدن در سربالایی با افزایش هزینه متابولیسیم همراه است (۶). با افزایش هزینه‌های متابولیکی، کاهش طول گام با افزایش همزمان فرکانس گام، برای حفظ سرعت ثابت در حین دویدن در سربالایی اتخاذ

می‌شود. گرچه تمرین در سطوح شیب‌دار توسط بسیاری از مربیان، به عنوان تمرینات قدرتی خاص استفاده می‌شود؛ اما سطوح شیب‌دار جزئی (با شیب بسیار اندک) در مسابقات استقامتی مشهود است. بنابراین، لازم است مکانیسم سازگاری مورد نیاز، در هنگام دویدن در شیب مورد بررسی قرار گیرد. پیشنهاد شده است که هنگام دویدن در سطوح صاف، دوندها از تکنیک بهینه‌شده برای حداقل هزینه متابولیک استفاده کنند. با این حال، هنگامی که سطح تغییر می‌کند، دوندها متغیرهای مکانیکی را برای دستیابی به بازده متابولیکی بهینه تغییر می‌دهند. دویدن در سربالایی با مصرف بیشتر انرژی، افزایش فرکانس گام و کاهش نیروهای واکنش زمینی^۱ همراه است (۷). درک پیامدهای استفاده از این عوامل، برای تمرین دوی سرعت مهم هستند. به عنوان مثال، یکی از اصول اساسی تمرین، اصل ویژگی است؛ به طوری که هرچه تمرین به عملکرد ورزشی نزدیک‌تر باشد، انتقال تمرین برای بهبود عملکرد، بهتر است (۸). یک نکته مهم در رابطه با تمرین روی سطوح شیب‌دار این است که سینوس زاویه شیب، تأثیر مستقیمی بر کمک یا مقاومت وزن بدن در برابر سرعت دویدن خواهد داشت. شیب بیش از حد زیاد، احتمالاً به طور قابل توجهی مکانیک دویدن سرعت را تغییر می‌دهد و پتانسیل انتقال این تمرین را به عملکرد دوی سرعت افقی کاهش می‌دهد (۸). سرعت دویدن به ازای هر ۱٪ تغییر در شیب، ۰/۱ تا ۰/۳ کیلومتر در ساعت کاهش می‌یابد؛ که منجر به سازگاری‌های مهم بیومکانیکی، عصبی-عضلانی و فیزیولوژیکی می‌شود (۹). از نظر مکانیکی، در حین دویدن تمرینات سرعتی روی سطح شیب‌دار، عضلات اندام تحتانی باید کار مکانیکی اضافی ایجاد کنند، تا انرژی بالقوه بدن افزایش یابد. تقاضای بیشتر برای کار مکانیکی با افزایش شیب، ممکن است با افزایش توان خروجی در تمام مفاصل یا فقط زیرمجموعه‌ای از مفاصل، تأمین شود. با استفاده از دینامیک معکوس نشان داده شده که افزایش بازده کار با افزایش شیب، منجر به افزایش کار خالص در سطح لگن می‌شود؛ در حالی که زانو و مچ پا تولید خروجی کار مشابه را در همه شیب‌ها ادامه می‌دهد (۱۰). به علاوه، مطالعات قبلی تغییرات کینماتیکی دوی سرعت در یک شیب ۳ درجه را بررسی کرده و در مقایسه با دوی سرعت افقی، حداکثر دوی سرعت (MRS) برای شیب سربالینی ۸/۴٪ افزایش، و برای شیب سربالایی MRS به میزان ۲/۹ درجه کاهش یافته بود (۸، ۶)؛ در حالی که در پژوهش دیگری، هنگام دویدن در شیب سربالایی ۴/۹ درجه، MRS، میزان گام و طول گام به ترتیب ۱۵/۶٪، ۷/۴٪ و ۱۴/۲٪ کاهش نشان داد (۱۰). نتایج مثبت در مورد اثرات تمرین در شیب سربالایی و سربالینی بر روی ویژگی‌های حرکتی، در دویدن افقی مطرح شده است.

تریورزیس^۱ و همکاران نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین روی شیب ۸ درجه سرپایینی، موجب بهبود ۲/۱٪ در MRS شد و طول گام ۱/۴٪ افزایش پیدا کرد؛ در حالی که میزان گام تغییری نشان نداد (۱۱). برای تمرینات بر روی شیب سربالایی، MRS و میزان گام به ترتیب ۳/۳٪ و ۲/۴٪ افزایش یافته بود؛ اگرچه تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبودند. پارادیس و کوک (۲۰۰۶)^۲، گزارش کردند که پس از ۶ هفته تمرین در شیب سرپایینی ۳ درجه، MRS ۱/۱٪ و میزان گام ۲/۳٪ افزایش نشان داد؛ در حالی که طول گام تغییری را نشان نداد. با این حال پس از تمرینات سربالایی، نتایج، هیچ تغییر آماری معنی‌داری را گزارش نکردند (۱۲). حداکثر اکسیژن مصرفی، بسته به نوع فعالیت ورزشی و محتوای تمرین انجام‌شده از سوی افراد فرق می‌کند. به طور کلی بیشترین Vo2max در دویدن و پله ورزشی، و کمترین مقدار آن در هنگام دوچرخه کارسنج، به دست می‌آید. اعتقاد بر این است که علت این اختلاف، توده عضلانی درگیر در کار باشد؛ چون هنگام دویدن توده عضلانی بیشتری فعال است، درحالی که هنگام کارسنجی دستی، توده عضلانی کمتری درگیر فعالیت می‌شود (۱۳). توان هوازی به عنوان عامل مؤثر در ورزش‌های قهرمانی، همواره مورد توجه محققین بوده است. در تحقیقی که بر روی دوندگان استقامتی و غیرورزشکاران صورت گرفته است، اکسیژن مصرفی بیشینه در غیرورزشکاران ۳/۵۱ لیتر در دقیقه و در دوندگان استقامتی، ۴/۸۱ لیتر در دقیقه گزارش شده است (۱۴).

براساس پژوهش‌های پیشین، فعالیت‌های ورزشی مانند پایین آمدن از کوه و دویدن در سرازیری که انقباضات برون‌گرا دارند، باعث کوفتگی عضلانی بالاتری خواهند شد. کوهنوردان نیز در زمان فعالیت در سرازیری در معرض کوفتگی عضلانی تأخیری، که یکی از آسیب‌های شایع می‌باشد، قرار می‌گیرند. این کوفتگی حالت ناخوشایندی است که با سفتی، ضعف، درد و اسپاسم در عضلات همراه می‌باشد. برخی مطالعات به تجمع آنزیم‌ها، همزمان با بروز تورم و درد در بافت عضلانی اشاره داشته‌اند (۱۵). سازگاری عضلانی با ورزش بدنی، تاکنون با مسیر آسیب التهاب ترمیم کلاسیک توضیح داده شده است. طبق تعریف، این فرآیند شامل: الف) آسیب عضلانی ناشی از ورزش، ب) آزادسازی عوامل شیمیایی، ج) اتساع عروق، د) چسبندگی لکوسیت‌ها، ه) مهاجرت نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها، و) فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای است. عضلات اسکلتی، قادر به انجام دو نوع انقباض هستند که با تغییر در طول تار عضلانی مشخص می‌شوند: کشیده شدن^۳ و کوتاه شدن

1. Tziortzis
2. Paradisis & Cooke
3. ECC

کانسنتریک.^۱ این دو نوع ورزش، تأثیرات متفاوتی بر روی متابولیسم عضلات در حال فعالیت دارند و پاسخ‌های سیستمیک گردش خون و غدد درون‌ریز متمایز را القاء می‌کنند (۱۶). در یکی از مطالعات اخیر، شواهد نشان داده است که سازگاری عضله با ورزش بدنی، ممکن است فقط از طریق این مسیر کلاسیک رخ ندهد؛ زیرا تغییرات التهابی مشابهی در عضله اسکلتی در هر دو گروه تمرین و کنترل رخ داده است (۲). کشش مکانیکی بافت عضلانی به احتمال زیاد، برای عملکرد طبیعی عضله و سازگاری آن ضروری است. در بار کار مطلق (معادل تمرینات اکسنتریک) نیاز کمتری به اکسیژن دارد؛ این در حالی است که به تارهای عضلانی درگیر، آسیب بیشتری می‌رساند (۲). با این حال تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تأثیر تمرینات شیب‌دار بر این شاخص‌ها بیان نشده است. از آنجایی‌که اکثر مطالعات منتشر شده در مورد معرفی شیب، بر روی متغیرهای حرکتی متمرکز شده‌اند (به عنوان مثال طول گام، فرکانس گام و زمان تماس)، مطالعات کمتری به بررسی شاخص‌های عملکردی پرداخته‌اند. از این‌رو، مطالعه حاضر به بررسی شاخص‌های عملکردی در دوندگان تمرین‌کرده پرداخته است.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع طرح نیمه‌تجربی و از نوع کاربردی است که با روش پژوهش گروه‌های تجربی و کنترل انجام شد. جامعه آماری پژوهش را دوندگان سالم و جوان استقامت و نیمه‌استقامت شهر خرم‌آباد تشکیل می‌دهند. همه مراحل خون‌گیری در شرایط استاندارد رطوبت ۵۵ درصد، دمای ۲۵ درجه و در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام شد. یک هفته قبل از شروع تمرینات، آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش و مشخصات فردی را امضاء و تکمیل کردند. پس از توزیع آگهی ثبت‌نام داوطلب واجد شرایط، به معرفی کامل موضوع و روش اجرای پژوهش پرداخته شد و از بین افرادی که اعلام آمادگی کرده بودند، ۴۰ نفر داوطلب، به صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌گیری آزمودنی‌ها به صورت تصادفی ساده می‌باشد و پس از انتخاب آزمودنی‌ها، افراد به سه گروه تجربی تمرین در سه شیب مختلف و یک گروه کنترل، تقسیم شدند. پروتکل ورزشی شامل ۸ هفته دویدن (هر هفته سه جلسه) به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۶۵ درصد Vo_{2max} بر روی تردمیل با شیب ۵ درجه مثبت نسبت به سطح زمین (سربالایی)، برای گروه کانسنتریک و شیب ۵ درجه منفی نسبت به سطح زمین (سرازیری)، برای گروه اکسنتریک و همچنین شیب صفر درجه نسبت به سطح زمین، برای گروه دویدن افقی بود. آزمودنی‌ها پیش از اجرای پروتکل ورزشی به مدت ۵ دقیقه گرم کردن

(حرکات کششی) انجام می‌دادند و پس از آن روی تردمیل با شیب صفر درجه با شدت ۴۰ تا ۵۰ درصد Vo_{2max} گرم می‌کردند. پس از گرم کردن، با افزایش سرعت تردمیل، آن را به ۶۵٪ رسانده و شیب را ۵ درجه مثبت برای گروه سربالایی و ۵ درجه منفی برای گروه سرازیری می‌رساندند و دویدن را شروع می‌کردند. تا پایان هر جلسه ضربان قلب و سرعت تردمیل، توسط آزمون‌گر کنترل می‌شد (۱، ۱۲). در پژوهش حاضر، کار با آزمودنی‌های انسانی براساس کلیه اصول اخلاقی تأییدشده توسط کارگروه اخلاق در دانشگاه علوم پزشکی لرستان با کد اخلاق IR.LUMS.REC.1402.049 انجام گرفت.



شکل ۱- نحوه اجرای پروتکل تمرینی

۲-۱. ارزیابی توان هوازی و بی‌هوای

۲-۱-۱. محاسبه حداکثر توان هوازی (تست بروس)

نحوه اجرا: فرد روی تردمیل راه می‌رود و با افزایش سرعت و شیب، از مرحله سوم و چهارم به راه رفتن سریع می‌پردازد و در صورت توانایی برای ادامه فعالیت، شروع به دویدن می‌کند. هر مرحله از آزمون ۳ دقیقه طول می‌کشد و شیب و سرعت دستگاه در هر مرحله، افزایش می‌یابد. تردمیل با ۲/۷۴ کیلومتر در ساعت (۱/۷ مایل در ساعت) و شیب ۱۰٪ شروع می‌شود. در فاصله زمانی سه دقیقه، سرعت تردمیل ۲٪ افزایش می‌یابد (۲).

مرحله	سرعت (km / hr)	سرعت (مایل در ساعت)	شیب
1	2.74	1.7	10
2	4.02	2.5	12
3	5.47	3.4	14
4	6.76	4.2	16
5	8.05	5.0	18
6	8.85	5.5	20
7	9.65	6.0	22
8	10.46	6.5	24
9	11.26	7.0	26
10	12.07	7.5	28

شکل ۲- پروتکل آزمون بروس

نحوه محاسبه برای مردان فعال:

$$(\text{زمان} \times 0.12) - (\text{زمان} \times 0.45) + (\text{زمان} \times 1.379) - 14/8$$

۲-۲. تست بی‌هوازی (آزمون وینگیت)

این آزمون بر روی چرخ کارسنج اجرا شد. پیش از اجرای آزمون، ارتفاع صندلی فرد متناسب با طول اندام تحتانی آزمودنی‌ها تنظیم گردید و همچنین مقدار بار مورد نیاز، متناسب با وزن افراد (۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) تنظیم شد. روش کار به این صورت بود که آزمودنی‌ها چند دقیقه عمل گرم کردن بر روی چرخ کارسنج انجام می‌دادند، سپس از آزمودنی خواسته شد که با حداکثر سرعت ممکن به مدت ۳۰ ثانیه پدال بزنند. در چند ثانیه اول، بار مقاومتی تنظیم شد. این آزمون با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید: بالاترین اوج توان خروجی پنج ثانیه (PP) منهای کمترین اوج توان خروجی ۵ ثانیه (LP). این مقدار، بر بالاترین توان پیک تقسیم شده و در ۱۰۰ ضرب می‌شود تا مقدار به صورت درصد بیان شود.

۲-۳. آنالیز آماری

در پژوهش حاضر برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S)، و برای آزمون طبیعی بودن واریانس گروه‌های مورد مطالعه، از تست لوین استفاده شده است. جهت آزمون فرضیه‌های تحقیق و مقایسه میانگین‌های چهار گروه پیش‌آزمون، مقایسه میانگین تفاضل پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر سه گروه، تجزیه و تحلیل اطلاعات و معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها از روش one way ANOVA استفاده شده است. پس از معنی‌دار بودن آزمون تحلیل واریانس، از آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت‌ها استفاده گردید. همچنین جهت آزمون فرضیه‌ها و مقایسه تفاوت نسبت به مرحله پس‌آزمون از تست t همبسته استفاده شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵، به معنی رد

فرضیه صفر در نظر گرفته شده و کلیه محاسبات و عملیات آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

۳. یافته‌ها

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین در شیب‌های مختلف بر برخی فاکتورهای عملکردی دوندگان کوهستان، در گروه‌های مورد مطالعه بود؛ که شامل سه گروه مداخله و یک گروه کنترل غیرفعال است. در این مطالعه، پس از ۸ هفته تمرین در دوندهای کوهستان، فاکتورهای مورد نظر اندازه‌گیری و داده‌های به دست آمده با استفاده از آمار توصیفی، نمایش و پس از تأیید طبیعی بودن توزیع داده‌ها، با استفاده از مقایسه میانگین تفاضل پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر سه گروه، تجزیه و تحلیل اطلاعات و معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها از روش one way ANOVA استفاده شد. پس از معنی‌دار بودن آزمون تحلیل واریانس، از آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت‌ها استفاده شد. جهت آزمون فرضیه‌ها و مقایسه تفاوت، نسبت به مرحله پس‌آزمون از تست t همبسته استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات توصیفی آزمودنی‌های مورد مطالعه به تفکیک گروه‌های مختلف

گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)
گروه تمرین با شیب ۵+	$28 \pm 3/197$	$180/9 \pm 3/573$	$76/3 \pm 3/267$
گروه تمرین با شیب ۵-	$30/5 \pm 2/838$	$182/2 \pm 3/119$	$78/4 \pm 3/273$
گروه تمرین با شیب ۰	$28/9 \pm 4/976$	$180/5 \pm 3/1$	$76/6 \pm 4/273$
گروه کنترل	$27/3 \pm 3/772$	$180/8 \pm 3/583$	$76/7 \pm 3/917$

جدول ۲- نتایج آزمون طبیعی بودن داده‌ها (پیش‌آزمون)

شاخص‌های مورد بررسی	گروه	آماره	درجات آزادی	معنی‌داری
حداکثر توان هوازی	Slope+5	۰/۹۲۴	۱۰	۰/۳۸۹
	Slope-5	۰/۹۰۲	۱۰	۰/۳۳۰
	Slope 0	۰/۹۴۷	۱۰	۰/۶۳۲
	Control	۰/۹۳۴	۱۰	۰/۴۹۳
حداکثر توان بی‌هوازی (آستانه)	Slope+5	۰/۸۴۶	۱۰	۰/۰۵۱
	Slope-5	۰/۸۹۶	۱۰	۰/۱۹۶
	Slope 0	۰/۸۷۰	۱۰	۰/۱۰۱
	Control	۰/۸۸۵	۱۰	۰/۱۴۹
حداکثر توان بی‌هوازی (میانگین)	Slope+5	۰/۸۸۴	۱۰	۰/۱۴۵
	Slope-5	۰/۹۵۲	۱۰	۰/۶۹۰
	Slope 0	۰/۸۸۳	۱۰	۰/۱۳۹
	Control	۰/۹۵۲	۱۰	۰/۶۸۹

جدول ۳- نتایج آزمون طبیعی بودن داده‌ها (پس آزمون)

شاخص‌های مورد بررسی	گروه	آماره	درجات آزادی	معنی‌داری
حداکثر توان هوازی	Slope+5	۰/۸۹۵	۱۰	۰/۱۹۵
	Slope-5	۰/۹۴۰	۱۰	۰/۵۴۹
	Slope 0	۰/۹۵۰	۱۰	۰/۶۷۳
	Control	۰/۹۵۴	۱۰	۰/۷۱۲
حداکثر توان بی‌هوازی (آستانه)	Slope+5	۰/۸۸۳	۱۰	۰/۱۴۱
	Slope-5	۰/۹۳۵	۱۰	۰/۵۰۱
	Slope 0	۰/۹۴۷	۱۰	۰/۶۲۸
	Control	۰/۹۳۳	۱۰	۰/۴۸۲
حداکثر توان بی‌هوازی (میانگین)	Slope+5	۰/۹۳۵	۱۰	۰/۴۹۶
	Slope-5	۰/۸۷۸	۱۰	۰/۱۲۳
	Slope 0	۰/۹۲۵	۱۰	۰/۴۰۱
	Control	۰/۹۷۴	۱۰	۰/۹۲۶
میوگلوبین	Slope+5	۰/۹۳۰	۱۰	۰/۴۵۰

جدول ۴- بررسی تغییرات درون گروهی متغیر پژوهش (t وابسته)

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد میانگین	t	df	معنی‌داری
Slope+5	پیش آزمون ۵۸/۶۵	۱/۷۲۲	۰/۰۸۶	-۲/۸۱۷	۹	۰/۰۲۰
	پس آزمون ۶۱/۷۱	۲/۸۵۶				
Slope-5	پیش آزمون ۵۸/۹۴	۲/۵۰۷	۰/۷۹۲	-۳/۲۱۷	۹	۰/۰۱۱
	پس آزمون ۶۱/۴۹	۲/۲۵۹				
Slope 0	پیش آزمون ۵۸/۶۳	۱/۴۲۸	۰/۸۴۷	-۳/۴۹۲	۹	۰/۰۰۷
	پس آزمون ۶۱/۵۹	۲/۴۸۴				
Control	پیش آزمون ۵۸/۷۵	۲/۱۲۵	۰/۸۰۹	۰/۷۱۶	۹	۰/۴۹۲
	پس آزمون ۵۸/۱۷	۲/۲۰۲				

مطابق با اطلاعات جدول (۴)، آزمون t وابسته نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در شاخص حداکثر توان هوازی در هر سه گروه مداخله بین پیش آزمون و پس آزمون وجود دارد ($P=0/020$ ، $P=0/007$ ، $P=0/011$ ؛ به ترتیب).

جدول ۵- نتایج تحلیل تأثیر فعالیت ورزشی در حداکثر توان هوازی گروه‌های مورد مطالعه (آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه)

معنی‌داری	F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	
*.۰/۰۰۶	۴/۸۴۸	۲۹/۴۳۶	۳	۸۸/۳۰۸	بین گروهی
		۶/۰۷۱	۳۶	۲۱۸/۵۶۸	درون گروهی
			۳۹	۳۰۶/۸۷۶	کل

جدول ۶- خلاصه نتایج آزمون تعقیبی توکی بر حداکثر توان هوازی در گروه‌های مورد مطالعه

معنی‌داری	میانگین تفاوت	گروه‌ها	
.۰/۹۹۷	.۰/۲۲۰	Slope-5	Slope+5
۱/۰۰۰	.۰/۱۲۰	Slope 0	
*.۰/۰۱۴	۳/۵۴۰	Control	
.۰/۹۹۷	-.۰/۲۲	Slope+5	Slope-5
۱/۰۰۰	-.۰/۱۰۰	Slope 0	
*.۰/۰۲۳	۳/۳۲۰	Control	
۱/۰۰۰	-.۰/۱۲۰	Slope+5	Slope 0
۱/۰۰۰	.۰/۱۰۰	Slope -5	
*.۰/۰۱۹	۳/۴۲۰	Control	
*.۰/۰۱۴	-۳/۵۴	Slope+5	Control
*.۰/۰۲۳	-۳/۳۲	Slope -5	
*.۰/۰۱۹	-۳/۴۲	Slope 0	

بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که بین گروه‌های مورد مقایسه تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P=۰/۰۰۶$) (جدول ۵). بر این اساس، فرض صفر رد و فرضیه پژوهش تأیید می‌گردد. نتایج آزمون تعقیبی توکی تفاوت معنی‌داری در هر سه گروه مداخله (تمرین با شیب مثبت ۵، تمرین با شیب منفی ۵ و تمرین با شیب صفر) در مقایسه با گروه کنترل نشان داد (جدول ۶).

جدول ۷- بررسی تغییرات درون گروهی متغیر پژوهش (t وابسته)

معنی‌داری	df	t	خطای استاندارد میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	گروه‌ها
.۰/۰۰۱	۹	-۴/۹۷۳	۸/۳۲۰	۲۵/۵۶	۵۶۱/۱۵	پیش‌آزمون
				۳۱/۹۳۱	۶۰۲/۵۳	پس‌آزمون
.۰/۰۰۰۱	۹	۶/۷۳۲	۷/۲۸۳	۱۷/۶۰۸	۵۶۹/۹۳	پیش‌آزمون
				۱۶/۶۳۸	۶۱۸/۹۶	پس‌آزمون

گروه‌ها		میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد میانگین	t	df	معنی‌داری
Slope 0	پیش‌آزمون	۵۶۱/۸۰	۳۱/۸۶۲	۱۱/۳۱۳	-۳/۴۳۱	۹	۰/۰۰۷
	پس‌آزمون	۶۰۰/۶۲	۲۷/۳۰۲				
Control	پیش‌آزمون	۵۶۶/۷۶	۲۶/۹۷	۷/۲	۰/۱۶۰	۹	۰/۸۷۷
	پس‌آزمون	۵۶۵/۶۱	۲۴/۱۱۸				

مطابق با اطلاعات جدول (۷)، آزمون t وابسته نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در شاخص حداکثر توان هوازی در هر سه گروه مداخله بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد ($P=0/001$ ، $P=0/007$ ؛ به ترتیب).

جدول ۸- نتایج تحلیل تاثیر فعالیت ورزشی بر اوج توان بی‌هوازی در گروه‌های مورد مطالعه (آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه)

	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	معنی‌داری
بین گروهی	۱۵۱۱۲/۳۹۴	۳	۵۰۳۷/۴۶۵	۷/۶۸	*۰/۰۰۰۱
درون گروهی	۲۳۶۱۲/۷۱۰	۳۶	۶۵۵/۹۰۹		
کل	۳۸۷۲۵/۱۰۴	۳۹			

جدول ۹- خلاصه نتایج آزمون تعقیبی توکی بر اوج توان بی‌هوازی در گروه‌های مورد مطالعه

گروه‌ها	میانگین تفاوت	معنی‌داری
Slope+5	Slope-5 -۱۶/۴۳	۰/۴۸۷
	Slope 0 ۱/۹۱	۰/۹۹۸
	Control ۳۶/۹۲	*۰/۰۱۴
Slope-5	Slope+5 ۱۶/۴۳	۰/۴۸۷
	Slope 0 ۱۸/۳۴	۰/۳۹۱
	Control ۵۳/۳۵	*۰/۰۰۰۱
Slope 0	Slope+5 -۱/۹۱	۰/۹۹۸
	Slope -5 -۱۸/۳۴	۰/۳۹۱
	Control ۳۵/۰۱	*۰/۰۲۱
Control	Slope+5 -۳۶/۹۲	*۰/۰۱۴
	Slope -5 -۵۳/۳۵	*۰/۰۰۰۱
	Slope 0 -۳۵/۰۱	*۰/۰۲۱

بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که بین گروه‌های مورد مقایسه تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۸). بر این اساس، فرض صفر، رد و فرضیه پژوهش تأیید می‌گردد. نتایج ($P=0/001$)

آزمون تعقیبی توکی تفاوت معنی‌داری در هر سه گروه مداخله (تمرین با شیب مثبت ۵، تمرین با شیب منفی ۵ و تمرین با شیب صفر) در مقایسه با گروه کنترل نشان داد (جدول ۹).

جدول ۱۰- بررسی تغییرات درون گروهی متغیر پژوهش (t وابسته)

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد میانگین	t	df	معنی‌داری
Slope+5	پیش آزمون	۴۹۴/۲۲	۱۷/۳۷۸	-۲/۷۹۰	۹	*۰/۰۲۱
	پس آزمون	۵۱۷/۵۵	۱۴/۵۶۸			
Slope-5	پیش آزمون	۴۹۹/۵۶	۱۳/۶۲۸	-۷/۱۸۲	۹	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	۵۴۵/۱۱	۱۸/۱۴۹			
Slope 0	پیش آزمون	۴۹۵/۷۹	۱۷/۱۴۶	-۳/۱۴۹	۹	*۰/۰۱۲
	پس آزمون	۵۲۰/۹۴	۱۶/۶۷۲			
Control	پیش آزمون	۴۹۲/۵۶	۱۳/۸۱۹	۰/۲۴۴	۹	۰/۸۱۳
	پس آزمون	۴۹۱/۱۷	۱۳/۰۷۸			

مطابق با اطلاعات جدول (۱۰)، آزمون t وابسته نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در شاخص حداکثر توان هوازی در هر سه گروه مداخله بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد ($P=۰/۰۲۱$ ، $P=۰/۰۰۰۱$ ، $P=۰/۰۱۲$ ؛ به ترتیب).

جدول ۱۱- نتایج تحلیل تأثیر فعالیت ورزشی بر میانگین توان بی‌هوازی در گروه‌های مورد مطالعه (آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه)

معنی‌داری	F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	
*۰/۰۰۰۱	۱۹/۶۷۳	۴۸۷۲/۴۳۰	۳	۱۴۶۱۷/۲۸۹	بین گروهی
		۲۴۷/۶۷۶	۳۶	۸۹۱۶/۳۳۹	درون گروهی
			۳۹	۲۳۵۲۳/۶۲۸	کل

جدول ۱۲- خلاصه نتایج آزمون تعقیبی توکی بر میانگین توان بی‌هوازی در گروه‌های مورد مطالعه

گروه‌ها	میانگین تفاوت	معنی‌داری
Slope-5	-۲۷/۵۶	*۰/۰۰۲
Slope 0	-۳/۳۹	۰/۹۶۳
Control	۲۶/۳۸	*۰/۰۰۳
Slope+5	۲۷/۵۶	*۰/۰۰۲
Slope 0	۲۴/۱۷	*۰/۰۰۸
Control	۵۳/۹۴	*۰/۰۰۰۱

معنی داری	میانگین تفاوت	گروه‌ها	
۰/۹۶۳	۳/۳۹	Slope+5	Slope 0
*.۰/۰۰۸	-۲۴/۱۷	Slope -5	
*.۰/۰۰۱	۲۹/۷۷	Control	
*.۰/۰۰۳	-۲۶/۳۸	Slope+5	Control
*.۰/۰۰۰۱	-۵۳/۹۴	Slope -5	
*.۰/۰۰۱	-۲۹/۷۷	Slope 0	

بین گروه‌های مورد مقایسه تفاوت معنی داری وجود دارد ($P=۰/۰۰۰۱$) (جدول ۱۱). نتایج آزمون تعقیبی توکی تفاوت معنی داری در هر سه گروه مداخله (تمرین با شیب مثبت ۵، تمرین با شیب منفی ۵ و تمرین با شیب صفر) در مقایسه با گروه کنترل نشان داد (جدول ۱۲). به علاوه، گروه تمرین با شیب منفی ۵ در مقایسه با گروه تمرین با شیب مثبت ۵ و شیب صفر تفاوت معنی داری را نشان دادند (جدول ۱۲).

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه هم‌راستا با نتایج مطالعه هیندستن^۱ و همکاران (۲۰۲۰) بود؛ که به بررسی اثرات تمرینات تناوبی دوی سرعت روی سطوح شیب‌دار بر قدرت هوازی و بی‌هوازی پرداختند. در این مطالعه، ۳۴ مرد فعال، به پنج گروه کنترل، تمرین بر روی شیب سربالایی، تمرین بر روی شیب سربایینی، تمرین ترکیبی شیب سربالایی و سربایینی و تمرین بر روی سطح افقی تقسیم‌بندی شدند. تمرین تناوبی بر روی سطح افقی و سطح شیب‌دار (با زاویه ۴ درجه) انجام شد. دوره تمرینی به مدت هشت هفته و سه روز در هفته انجام شد. توان هوازی توسط دستگاه تجزیه و تحلیل اکسیژن و توان بی‌هوازی از نتایج آزمون پله مارگاریا-کالامن، محاسبه گردید. این مطالعه نشان داد که تمام مطالعات تمرینات تناوبی دوی سرعت روی سطوح افقی و شیب‌دار، تأثیر مثبتی بر قدرت هوازی دارند (۱۷). در یک مطالعه که با هدف بررسی تأثیر برنامه‌های تمرینی دویدن تناوبی دوی سرعت با سطوح شیب‌دار (۴ درجه) و سطح افقی (صفر درجه)، بر توان هوازی و توان بی‌هوازی در مردان فعالی که به صورت تفریحی می‌دوند، انجام شد؛ تمامی شرکت‌کنندگان در گروه‌های تمرینی، تمرین را با سطوح سربالایی، سراسیمی، ترکیبی یا افقی به مدت ۸ هفته انجام دادند. نتایج نشان داد که برنامه تمرینی دوی سرعت به مدت ۸ هفته، منجر به افزایش قدرت هوازی در تمام شرایط شیب‌دار و افقی می‌شود (۱۷). تمرین روی سطح شیب‌دار، یکی از محبوب‌ترین روش‌های تمرینی در بین ورزشکاران برای

بهبود عملکرد دوییدن سرعت است. تمرین دوییدن در سراسیمی، طول گام یا فرکانس گام را افزایش داده و با کوتاه کردن زمان تماس پا، سرعت دوییدن را نیز افزایش می‌دهد (۱۸). مطالعاتی که اثرات دوییدن با سرعت بالا را بر قدرت هوازی بررسی کرده‌اند، اخیراً به صورت عددی افزایش یافته‌اند. مطالعات زیادی برای تعیین اثرات تمرین ورزشی، که برای چندین هفته بر روی عوامل تعیین‌کننده متابولیسم هوازی مانند فعالیت آنزیم‌های میتوکندری و همچنین VO_{2max} اعمال شده، صورت گرفته است. به نظر می‌رسد که در مطالعات قبلی، که با اولین مطالعه منتشر شده توسط Astrand و همکاران شروع شده است (۱۹)، اجماع وجود داشته باشد که تمرین تناوبی دوی سرعت، عملکرد هوازی و ظرفیت اکسیداتیو عضله اسکلتی را بهبود می‌بخشد. نتایج گزارش‌های قبلی که نشان‌دهنده افزایش VO_{2max} به دنبال تمرینات تناوبی سرعتی بود، بین ۴ تا ۱۸ درصد بود (۲۰). اگرچه پژوهش حاضر، شباهت‌هایی را با کارهای قبلی از نظر متغیرهای تمرینی مانند شدت، مدت و دفعات تمرین نشان می‌دهد؛ اما از این نظر که برنامه تمرینی در تحقیق حاضر، بر روی سطوح شیب‌دار اعمال شده است، با مطالعات قبلی تفاوت دارد. نتایج در توان هوازی گروه‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر، پس از اعمال ۸ هفته تمرین سرعتی، نشان داد که مقادیر بالاتر VO_{2max} در مقایسه با میانگین‌های به دست آمده در مطالعات قبلی، تفاوت دارد. درصد افزایش VO_{2max} ، از ۴ تا ۱۸ درصد، متغیر بود. افزایش VO_{2max} در گروهی که از مقاومت‌های مثبت و منفی در طول برنامه‌های تمرینی استفاده می‌کردند، بیشتر از گروه‌های دیگر است، که نشان می‌دهد بارهای با مقاومت مثبت و منفی، تأثیر قابل‌توجهی بر توسعه توان هوازی دارند. اما هنگامی که نتایج گروه‌های آزمایشی با مقاومت‌های مثبت و منفی به طور جداگانه مقایسه شد، مشاهده گردید که تمرین دوی سرعت با مقاومت منفی، تأثیر بیشتری نسبت به تمرین سرعتی با مقاومت مثبت داشت (۱۷). نتایج فوق، به وضوح نشان داد که تمرین دوی سرعت در سطوح شیب‌دار به عنوان نمونه‌ای از تمرین با مقاومت مثبت و منفی بر توان هوازی تأثیر مثبت دارد. برای روشن شدن این اثر متمایز تمرین مقاومتی، ویژگی‌ها و مقادیر مقاومت و همچنین عوامل محرکی که در متابولیسم هوازی در عضلات اسکلتی نقش دارند، باید با مطالعات بیشتر مشخص شوند. در یک مطالعه، تمرینات دوی سربالایی و ترکیبی سرعت روی سطح با شیب ۴ درجه، منجر به افزایش توان بی‌هوازی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های اولیه شد. این نتایج در تضاد با نتایج قبلی هستند که با استفاده از تمرین سرعتی روی سطح شیب‌دار با ۳ درجه گزارش داده شد که هیچ تغییر آماری معنی‌داری در خروجی توان بی‌هوازی پس از ۶ هفته تمرین رخ نمی‌دهد (۲۱).

همچنین پادولو^۱ و همکاران (۲۰۱۶)، نشان دادند که سطح لاکتات خون و مصرف اکسیژن در طول تمرین حاد روی سطح شیب‌دار، افزایش می‌یابد (۲۲). یکی از توضیحات احتمالی این تغییرپذیری نتایج قبلی ممکن است به دلیل پروفایل‌های مختلف شرکت‌کنندگان و یا روش‌های اندازه‌گیری توان بی‌هوازی مورد استفاده باشد. با این حال، باید در نظر داشت که در عمل، فعالیت‌های مبتنی بر توان بی‌هوازی به دلیل ماهیت خود می‌توانند منجر به افزایش قابل توجه عملکرد حرکتی شوند. یکی از قانع‌کننده‌ترین توضیحات برای افزایش قدرت بی‌هوازی پس از تمرین دویدن ترکیبی و سربالایی همانطور که در این مطالعه نشان داده شد، پاسخ سازگاری متابولیکی عضلات اسکلتی به افزایش تقاضای متابولیک در طول تمرین روی سطح شیب‌دار است. مطالعات بیشتری نیاز است که به روشن شدن فعل و انفعالات فیزیولوژیکی بین بارگذاری مکانیکی و پاسخ متابولیک، به دنبال جلسات مکرر تمرین دویدن با سرعت‌های متفاوت دویدن کمک کند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات با شیب منفی و مثبت ۵ و صفر، منجر به بهبود در توان هوازی و بی‌هوازی شده است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از دو بر روی سطوح شیب‌دار، ممکن است در توسعه قدرت هوازی در ورزشکاران با پیش‌زمینه تمرینی، به جای مطالعات قدرت هوازی با ویژگی هوازی طولانی‌مدت، مؤثرتر باشد. این امر به مربیان، در تهیه برنامه آموزشی سالانه کمک خواهد کرد. همچنین، برنامه‌های تمرینی با شیب مثبت و منفی ۵ می‌تواند به عنوان روش‌های جایگزین توسط مربیان برای بهبود توان بی‌هوازی مورد استفاده قرار گیرد.

References

1. Dhokrat G. Effect Of Up And Downhill Surfaces Training Programme On Performance In 5000m Long Distance Run. *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies*. 2016. 4(25): 2427-2432.
2. Vernillo G, Giandolini M, EdwardsWB, Morin J-B, Samozino P, Horvais N & et al. Biomechanics and physiology of uphill and downhill running. *National Library of Medicine*. 2017; 47(4): 615-629. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0605-y>
3. Pokora I, Kempa K, Chrapusta S & Langfort JJB. Effects of downhill and uphill exercises of equivalent submaximal intensities on selected blood cytokine levels and blood creatine kinase activity. *Biol Sport*. 2014; 31(3): 173-8. <https://doi.org/10.5604/20831862.1111434>.
4. Fletcher JR & MacIntosh BR. Running economy from a muscle energetics perspective. *Front Physiol*. 2017; 22(8): 433. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00433>
5. Zhang JH, Chan ZY, Lau FO, Huang M, Wang AC & Wang S. How do training experience and geographical origin of a runner affect running biomechanics. *Gait Posture*. 2021; no. 84: 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.12.003>
6. Dewolf A & Willems PA. Running on a slope: A collision-based analysis to assess the optimal slope. *Journal of Biomechanics*. 2019; no. 83: 298-304.
7. Lemire M, Remetter R, Hureau TJ, Kouassi BY, Lonsdorfer E, GenyB & et al. High-intensity downhill running exacerbates heart rate and muscular fatigue in trail runners. *J Sports Sci*. 2021; 39(7): 815-825. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1847502>
8. Paradisis GP & Cooke CB. Kinematic and postural characteristics of sprint running on sloping surfaces. *J Sports Sci*. 2001; 19(2): 149-59. <https://doi.org/10.1080/026404101300036370>
9. Millet GP & Millet Gm. Ultramarathon is an outstanding model for the study of adaptive responses to extreme load and stress. *BMC Med*. 2012; 19(10): 77. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-77>
10. Slawinski J, Dorel S, Hug F, Couturier A, Fournel V, Morin JB & et al .Elite long sprint running: a comparison between incline and level training sessions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008; 40(6): 1155-62.
11. Tziortzis S. *Effects of training methods in sprinting performance*. Doctoral dissertation. University of Athens, Dept. of Physical Education and Sport Science, Athens, Greece, 1991.
12. Paradisis GP, Cooke CB & Research C. The effects of sprint running training on sloping surfaces. *Strength Cond Res*. 2006; 20(4): 767-77. <https://doi.org/10.1519/R-16834.1>
13. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich MJ & Research C. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO2max, and muscular force. *Strength Cond Res*. 2012; 26(1): 138-45. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318218dd77>
14. Sarma AS. A comparative study of selected physiological variables between active and sedentary college students. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. 2017; 4(2): 100-102.
15. WeirL J. *Examining the decision of mountain climbers to continue engaging in the risky sport of mountaineering*. Library and Archives Canada, Bibliothèque et Archives Canada, Ottawa, 2008.

16. Pokora I, Kempa K, Chrapusta S & Langfort J. Effects of downhill and uphill exercises of equivalent submaximal intensities on selected blood cytokine levels and blood creatine kinase activity. *Biol Sport*. 2014; 31(3): 173-8. <https://doi.org/10.5604/20831862.1111434>
17. Hindistan IE, Ozdogan EC, Bilgin G, Colak OH & Ozkaya Y. Effects of sprint interval training on sloping surfaces on aerobic and anaerobic power. *Biomedical Human Kinetics*. 2020; 12(1): 41-50.
18. Damavandi M, Dixon PC & Pearsall D. Ground reaction force adaptations during cross-slope walking and running. *Hum Mov Sci*. 2012; 31(1): 182-9. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.004>
19. Åstrand I, Åstrand PO, Christensen EH & Hedman R. Intermittent muscular work. *Acta Physiol Scand*. 1960; 25(48): 448-53. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1960>
20. Sökmen B, Witchey RL, Adams GM, BeamW & Research C. Effects of sprint interval training with active recovery vs. endurance training on aerobic and anaerobic power, muscular strength, and sprint ability. *Strength Cond Res*. 2018; 32(3): 624-631. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002215>
21. Paradisis GP, Bissas A & Cooke CB. Performance. Combined uphill and downhill sprint running training is more efficacious than horizontal. *Sports Physiol Perform*. 2009; 4(2): 229-43. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.2.229>
22. Padulo J, Ardigo L, Attene G, Cava C, Wong D, Chamari K & et al. The effect of slope on repeated sprint ability in young soccer players. *Res Sports Med*. 2016; 24(4): 320-330. <https://doi.org/10.1080/15438627.2016.1222276>