

**Accepted Manuscript**

**Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)**

**Title:** The Effect of Indoor Rock-Climbing Exercises (Based on Traversing and Upward Bouldering) on the Postural Control Indicators of the Elderly Men

**Authors:** Seyed Fardin Qeysari<sup>1,\*</sup>, Amineh Eslamizad<sup>2</sup>, Vahid Masdari<sup>1</sup>, Mohammad Khoshbakht<sup>3</sup>, Mahmoud Sheikh<sup>1</sup>

1. *Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.*
2. *Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.*
3. *Department of Physical Education, Gerash University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.*

**\*Corresponding Author:** Seyyed Fardin Qeysari, Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sports and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-Mail: fardin.qeysari@ut.ac.ir

To appear in: **Salmand: Iranian Journal of Ageing**

**Received date:** 2024/06/30

**Revised date:** 2024/11/03

**Accepted date:** 2024/11/03

**First Online Published:** 2024/11/04

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

**Please cite this article as:**

Qeysari SF, Eslamizad A, Masdari V, Khoshbakht M, Sheikh M. [The Effect of Indoor Rock-Climbing Exercises (Based on Traversing and Upward Bouldering) on the Postural Control Indicators of the Elderly Men (Persian)]. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. Forthcoming 2024. Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.2428.2>

Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.2428.2>

## نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

**عنوان:** تاثیر تمرینات سنگ نوردی داخل سالن (مبتنی بر گذر عرضی و عمودی) بر شاخص‌های کنترل قامت مردان سالمند

**نویسندگان:** سید فردین قیصری<sup>۱\*</sup>، امینه اسلامی زاد<sup>۲</sup>، وحید مصدري<sup>۱</sup>، محمد خوشبخت<sup>۳</sup>، محمود شیخ<sup>۱</sup>

۱. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران.
۳. گروه تربیت بدنی، دانشگاه علوم پزشکی گراش، شیراز، ایران.

**\*نویسنده مسئول:** سید فردین قیصری، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ایمیل: fardin.qeysari@ut.ac.ir

نشریه: سالمند: مجله سالمندی ایران

تاریخ دریافت: 1403/04/10

تاریخ ویرایش: 1403/08/13

تاریخ پذیرش: 1403/08/13

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه سالمند گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطة مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Qeysari SF, Eslamizad A, Masdari V, Khoshbakht M, Sheikh M. [The Effect of Indoor Rock-Climbing Exercises (Based on Traversing and Upward Bouldering) on the Postural Control Indicators of the Elderly Men (Persian)]. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. Forthcoming 2024. Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.2428.2>

Doi: <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.2428.2>

## **Abstract**

**Objectives:** A set of biological, environmental and psychological factors can affect coordination and Coordination and balance control in the the elderly. The popularity of sport climbing as a rehabilitation program is increasing. The purpose of this study is the effect of indoor rock climbing (based on traversing and upward Bouldering) on the Postural Control indicators of the elderly men.

**Materials and methods:** The current research design is semi-experimental with a pretest-posttest design with two experimental groups and one control group, which was conducted on 36 elderly people (age:  $M \pm Sd$ :  $69.17 \pm 4.13$ ). The experimental group performed rock climbing exercises **based on** horizontal displacement traversing and vertical upward displacement for eight weeks and two sessions of 40 minutes each week. Before and after eight weeks, Biodex balance test was performed on the subjects. ed t-test and analysis of covariance were used for data analysis.

**Findings:** The results of the paired t-test show a significant effect of **rock climbing exercises** based on traversing and upward Bouldering on all balance indices ( $P < 0.0005$ ). The results of covariance analysis showed that there is a significant difference between the three groups in the overall stability index ( $\eta = 0.593$ ,  $P < 0.0005$ ,  $F = 26.539$ ), anterior-posterior stability index ( $\eta = 0.671$ ,  $P < 0.0005$ ,  $F = 28/444$ ) and internal-external stability index ( $\eta = 0.611$ ,  $P > 0.0005$ ,  $F = 32/816$ ) in the post-test. upward Bouldering group had significantly better scores in postural Control indicators.

**Conclusion:** horizontal displacement (traversing) at low altitudes challenge the neuro-muscular and balance system less; For this reason, the balance scores in this group have improved less compared to the group of rock climbing exercises based on upward bouldering.

**Key words:** balance; elderly; postural control; rock climbing, traverse

## Extended Abstract

**Objectives:** A set of biological, environmental and psychological factors can affect coordination and Coordination and balance control in the the elderly. The popularity of sport climbing as a rehabilitation program is increasing (1). Indoor climbing exercises are performed in different ways. From the point of view of the method of movement, these exercises are divided into two parts based on on traversing and upward Bouldering. This type of exercise is performed for the elderly and people with specific disabilities at a short height on large clamps in a safe and secure environment in the gym with the aim of improving balance. (15). In the present study, it is assumed that rock climbing exercises reduce body stiffness and improve postural abnormalities in the elderly (19) and subsequently improve balance. The purpose of this study is the effect of indoor rock climbing (based on traversing and upward Bouldering) on the Postural Control indicators of the elderly men.

**Materials and methods:** The current research design is semi-experimental with a pretest-posttest design with two experimental groups and one control group, which was conducted on 36 elderly men (age:  $M \pm Sd$ :  $69.17 \pm 4.13$ ). Inclusion criteria included male gender, age range between 60-75 years, having at least a fourth grade education, not having any damage to the upper and lower limbs through medical records, participant observation and comments, having the ability to be independent in activities, obtaining a minimum score of 24 on the Mini Mental State Examination(MMSE), not having neurological disorders, not using a cane, not being able to walk independently, and having an informed consent form from the elderly to participate in the study. The subjects in the experimental group performed rock climbing exercises based on the horizontal displacement and vertical displacement upward survey (appropriate to the group they were in) for eight weeks, two 40-minute sessions per week. The subjects in the control group did not receive any intervention during this period. Before and after the end of the eight weeks, both the experimental and control groups performed the Biodex balance test. For this purpose, the difficulty level of the Biodex balance test was adjusted by reducing the stability of the footplate in all directions by placing the Biodex device at level 8.

SPSS software version 22 was used to analyze the data through descriptive and inferential statistics. The Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data. Analysis of covariance was used for between-group comparisons, Bonferroni's post hoc test was used for pairwise comparisons of groups, and paired t-test was used for within-group comparisons in the pre- and post-tests.

**Findings:** The results of the Shapiro-Wilk test showed that the significance level in all research variables, both in the pre-test and post-test, was greater than 0.05; this means that the distribution of data related to postural control indices in all groups, both in the pre-test and post-test, had a normal shape. The results of the paired t-test showed that a significant improvement in the scores of the overall stability index ( $t_{(11)} = -10.418$ ,  $P < 0.001$ ), the anterior-posterior stability index ( $t_{(11)} = -8.593$ ,  $P < 0.001$ ), and the internal-external stability index ( $t_{(11)} = -8.190$ ,  $P < 0.001$ ), was observed

in the Upward Bouldering group from pre-test to post-test. Also, a significant improvement in the overall stability index scores ( $t_{(11)} = -10.48$ ,  $P < 0.001$ ), anterior-posterior stability index ( $t_{(11)} = -6.199$ ,  $P < 0.001$ ), and internal-external stability index ( $t_{(11)} = -5.972$ ,  $P < 0.001$ ), was observed in the traversing group from pre-test to post-test; however, in the control group, none of these scores were significantly different in the post-test compared to the pre-test ( $P < 0.05$ ). Therefore, these results indicate a significant effect of lateral and vertical rock-climbing training on all balance indices.

The results of the Levene test for homogeneity of variances showed that the significance level for all indicators was more than 0.05, so the assumption of homogeneity of variances was valid. In addition, to examine the homogeneity of the regression slope, the F value of the interaction between the covariate and independent variables was calculated, and the homogeneity of the slope of the regression line between the covariate and independent variables in the research groups was accepted at a significance level of 0.05.

The results of covariance analysis showed that there is a significant difference between the three groups in the overall stability index ( $\eta = 0.593$ ,  $P < 0.0005$ ,  $F = 26.539$ ), anterior-posterior stability index ( $\eta = 0.671$ ,  $P < 0.0005$ ,  $F = 28/444$ ) and internal-external stability index ( $\eta = 0.611$ ,  $P > 0.0005$ ,  $F = 32/816$ ) in the post-test stage by adjusting the pre-test scores. Bonferroni post-test was used to find the location of the differences. The results of the Bonferroni post hoc test showed that the control group had a significant difference in all postural control indices compared to the transverse and vertical rock-climbing training groups. Comparison of adjusted scores based on the pre-test shows that the control group had less stability than the other groups. Also, the vertical rock-climbing group had a significant difference in all postural control indices compared to the transverse and vertical rock-climbing training groups. Comparison of adjusted scores based on the pre-test shows that the vertical rock-climbing group had more stability than the other groups.

**Conclusion:** Lateral and vertical movements in mountaineering engage the body differently. Upward Bouldering often requires more dynamic movements and adjustments to maintain balance, as climbers shift their center of mass upward. This is especially true when climbing at steep angles, which can affect physiological responses and fatigue levels more than traversing movements. On the other hand, traversing tends to emphasize coordination and lateral stability, engaging different muscle groups to maintain balance (40). In the traversing, the elderly person performs lateral movements at low heights and cannot perform more vertical movements. In fact, his neuromuscular and balance systems are less challenged, which is why the balance scores in this group improved less than in the Upward Bouldering group based on homonymous movements (39).

### **Ethical Considerations**

The ethical principles observed in the article, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, the permission of the participants to cancel their participation in the research. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of Physical Education and Sports Sciences Research Institute (IR.SSRC.REC.1403.003).

**Funding**

No funding has been received for this research.

**Authors' contribution**

Authors contributed equally in preparing this article.

**Conflict of interest**

The authors declared no conflict of interest.

**Acknowledgements**

The authors would like to express their gratitude to all participants in this study as well as to all those who contributed to this research.

نسخه پذیرفته شده  
پیش از انتشار



## چکیده

**اهداف:** مجموعه‌ای از عوامل بیولوژیکی، محیطی و روانی می‌تواند هماهنگی و کنترل تعادل را در سالمندی تحت تاثیر قرار دهد. محبوبیت صعود ورزشی به عنوان یک برنامه توان‌بخشی در حال افزایش است. هدف از این مطالعه تاثیر تمرینات سنگ‌نوردی داخل سالن (مبتنی بر گذر عرضی و عمودی) بر شاخص‌های کنترل قامت مردان سالمند است.

**مواد و روش‌ها:** طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طراحی پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل می‌باشد که بر روی ۳۶ مرد سالمند (  $4/13 \pm 69/17$ : انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین سنی) انجام شد. گروه‌های تجربی تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عرضی و عمودی را به مدت هشت هفته و هر هفته دو جلسه ۴۰ دقیقه‌ای انجام دادند. قبل و بعد از هشت هفته از آزمودنی‌ها آزمون تعادل بایودکس به عمل آمد. از آزمون تی همبسته و تحلیل کوواریانس برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج آزمون تی همبسته نشان از تاثیر معنی‌دار تمرینات سنگ‌نوردی عرضی و عمودی بر تمام شاخص‌های تعادلی دارد ( $P < 0/001$ ). نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد بین سه گروه در شاخص ثبات کلی ( $F = 26/539, P < 0/001, \eta = 0/593$ )، شاخص ثبات قدمی - خلفی ( $F = 28/444, P < 0/001, \eta = 0/671$ ) و شاخص ثبات داخلی - خارجی ( $F = 32/816, P < 0/001, \eta = 0/611$ ) در پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. گروه سنگ‌نوردی عمودی به طور معنی‌داری نمرات بهتری در شاخص‌های کنترل قامت داشتند.

**نتیجه‌گیری:** تمرینات عرضی در ارتفاع‌های پایین سیستم عصبی - عضلانی و تعادلی را کمتر به چالش می‌کشد و به همین دلیل نمرات تعادل در این گروه نسبت به گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عمودی بهبود کمتری داشته است.

**کلید واژه‌ها:** تعادل؛ سالمندی؛ کنترل قامت؛ سنگ‌نوردی، گذر عرضی

سالمندی از دیدگاه زیستی، عبارت است از تغییرات زیستی که در نحوه حیات ارگانسیم و در طول زمان ظاهر می‌شود. در این دوره از زندگی فرد با کاهش ظرفیت‌های فیزیولوژیکی و عملکرد حرکتی همراه است که ممکن است در نتیجه تحلیل دستگاه‌های عصبی-عضلانی، عوامل روانی، شرایط محیطی، سبک زندگی و دیگر عوامل باشد (۱). یکی از پیامدهای سالمندی که با کاهش ظرفیت‌های حرکتی همراه است، کاهش توانایی حفظ تعادل و تغییر در الگوی راه رفتن است که موجب افزایش خطر زمین خوردن در این قشر از جامعه می‌شود (۲).

سقوط در اثر کاهش توانایی حفظ تعادل علت اصلی مرگ و میر ناشی از جراحات در میان سالمندان در سطح جهان است و نرخ مرگ و میر و میزان ناتوانی در سالمندان را افزایش می‌دهد (۳). بهبود تعادل و تحرک عملکردی برای پیشگیری از افتادن و عواقب جبران‌ناپذیر آن در سالمندان توجه بسیاری از محققین حیطه سالمندی را به خود جلب کرده است (۴). قربانیان زمین خوردن سالخورده ممکن است آسیب‌های جسمی شدیدی از جمله شکستگی را تحمل کنند، به ویژه افرادی که از قبل جراحی لگن یا پوکی استخوان داشته باشند. آن‌ها همچنین ممکن است از دست دادن استقلال را تجربه کنند و مجبور به پذیرش خانه سالمندان شوند (۵). زمین خوردن در افراد سالمند تحت تأثیر عوامل مختلفی است که برخی از آن‌ها می‌توانند تعدیل شوند، در حالی که برخی از آن‌ها قابل تعدیل نیستند (۶). اختلال در تعادل منجر به ترس از زمین خوردن در افراد سالمند می‌شود که می‌تواند منجر به اختلال در فعالیت‌های روزانه و کاهش کیفیت زندگی شود (۷).

محبوبیت صعودهای ورزشی تفریحی در حال افزایش است. کوهنوردی همچنین در زمینه‌های مختلف به صورت درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به ویژه در آلمان اخیراً مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است (۸). سنگ‌نوردی درمانی لزوماً شامل مسیرهای کوهنوردی مانند صعودهای ورزشی نیست، بلکه ممکن است فقط شامل تمرینات خاصی باشد که روی دیواره سنگ‌نوردی انجام می‌شود. صعود ورزشی معمولاً در یک سالن ورزشی سرپوشیده که در آن از دیواره‌های مصنوعی برای تقلید صخره‌نوردی در یک محیط امن استفاده می‌شود، صورت می‌گیرد. صعود به وسیله طناب<sup>۱</sup> که یک نوع سبک کوهنوردی با تقاضاهای روانی و جسمانی کم است را به راحتی می‌توان در یک دوره مقدماتی کوتاه که معمولاً حدود دو ساعت طول می‌کشد، یاد گرفت و مهارت‌های اولیه کوهنوردی و اطلاعات ایمنی لازم، به ویژه نحوه قرار دادن هارنس<sup>۲</sup> کوهنوردی به درست، نحوه بستن به طناب، نحوه استفاده از دستگاه مهار و نحوه ارتباط با هم‌نورد را ارائه می‌دهد (۹). حمایل سنگ‌نوردی یا در کلام عامه هارنس یا صندلی سنگ‌نوردی که به آن تونیک نیز گفته می‌شود، یکی از تجهیزات کوهنوردی که برای صخره‌نوردی و کار

1. Top-roping

2. harness

در ارتفاع ساخته شده است، به منظور صعود، فرود یا سایر فعالیت‌هایی است که نیاز به استفاده از طناب برای دسترسی با ایمنی بیشتر است، استفاده می‌شود (۱۰). کوهنوردی درمانی شامل تمرینات کوهنوردی خاصی است که ممکن است به عنوان یک تمرین تقویتی یا وسیله‌ای برای حرکت استفاده شود. شاید بتوان آن را نوعی بولدرینگ<sup>۱</sup> در نظر گرفت، سبکی کوهنوردی که در آن مسیرهایی که ارتفاع آن‌ها بالاتر از ۳ تا ۵ متر نباشد بدون طناب صعود می‌شود (۱۱). برای جلوگیری از صدمات ناشی از سقوط، تشک را روی زمین قرار می‌دهند و معمولاً یک نفر دوم در پشت کوهنورد قرار می‌گیرد تا در صورت سقوط او را راهنمایی کند. مربی همچنین می‌تواند با قرار دادن دست‌های خود بر پشت کوهنورد، در صورت نیاز، اطمینان و حمایت را فراهم کند. بولدرینگ همچنین می‌تواند در ارتفاعات بسیار پایین‌تر درست بالای زمین، جایی که مسیرها به سمت بالا صعود می‌شوند، انجام شود، که احتمالاً در یک زمینه درمانی انجام می‌شود (۸).

مداخلات مختلفی برای توانبخشی عصبی وجود دارد (۱۲، ۱۳) در این میان صعود ورزشی ممکن است مشکلات شناختی پیچیده به دلیل تغییر مداوم توالی حرکات حل در طول صعود حل می‌شوند (۱۴). صعود ورزشی علاوه بر این، از نظر شناختی چالش برانگیز است و به تمرکز و توجه نیاز دارد (۱۵). کوهنوردان اغلب به صورت گروهی تمرین می‌کنند که این امر ارتباط اجتماعی را تسهیل می‌کند و انگیزه را هم از نظر فردی و هم از دیدگاه جمعی تقویت می‌کند (۱۵، ۱۶). همچنین برای بهبود تعادل راه رفتن به منظور جلوگیری از افتادن در سالمندان و بهبود انعطاف‌پذیری، ثبات و قدرت در افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس استفاده شده است (۱۷). صعود همچنین ممکن است قدرت عضلات ستون فقرات را افزایش دهد و تعادل عضلانی را بهبود بخشد (۱۸). تأثیر تقویتی تمرینات سنگ‌نوردی بر روی عضلات کمر و کمربند شانه‌ای ممکن است فرد سالمند را قادر سازد تا حالت عمودی تری داشته باشد که موجب افزایش بیشتر تعادل در سالمندان می‌شود. وضعیت خمیده با کاهش جزئی رفلکس‌های وضعیتی تثبیت کننده بر ثبات وضعیتی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، بهبود وضعیت خمیده می‌تواند به طور بالقوه ثبات وضعیتی را بهبود بخشد (۱۹).

صعود داخل سالن در حال حاضر یک گزینه شناخته شده برای توانبخشی برای بیماران است که از سایر بیماری‌های عصبی مانند فلج مغزی (۲۰)، آتاکسی مخچه (۲۱)، ام اس (۲۲) و پارکینسون (۲۳) رنج می‌برند؛ اما برای افراد سالمند کمتر مورد استفاده قرار گرفته شده است؛ در حالی که با توجه به مزایای ذکر شده برای آن می‌تواند به عنوان یک پروتکل تمرینی مناسب برای بهبود تعادل در سالمندان استفاده شود. علاوه بر این تمرینات صعود داخل سالن به شیوه‌های مختلفی صورت می‌پذیرد از نقطه نظر شیوه جابجایی این تمرینات به دو بخش

---

<sup>۱</sup> . bouldering

مبتنی بر گذر عرضی و گذر عمودی تقسیم می‌شود. تمرینات مبتنی بر گذر عرضی از نظر دشواری نسبت به تمرینات مبتنی بر گذر عمودی راحت‌تر هستند. این نوع تمرینات برای سالمندان و افراد دارای ناتوانی‌های خاص در ارتفاع کوتاه روی گیره‌های درشت در محیط امن و بی‌خطر در سالن ورزشی با هدف بهبود تعادل انجام می‌شود (۱۵). نوع حرکت کوهنوردی همچنین می‌تواند بر راندمان کلی و هزینه انرژی کوهنورد تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، گذرگاه‌های عمودی به دلیل افزایش نیاز به استحکام بالاتنه و تثبیت پویا، واکنش‌های ضربان قلب و مصرف اکسیژن بالاتری را ایجاد می‌کنند (۲۴). برعکس، گذرهای عرضی ممکن است بیشتر بر روی ثبات تنه - تحت کنترل عضلات اطراف تنه مثل عضله راست شکمی (۲۵) - و حفظ تعادل تمرکز کنند و بر جنبه‌های مختلف کارایی عملکرد تأثیر بگذارند (۲۴). در تحقیق حاضر فرض بر این است که تمرینات سنگ‌نوردی موجب کاهش سفتی بدن و بهبود ناهنجاری وضعیتی در سالمندان و متعاقباً بهبود تعادل می‌شود. در این راستا لانگرو همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که صعود ورزشی بعد از ۱۲ هفته سفتی را تا ۳۰ درصد در بیماران پارکینسون کاهش می‌دهد؛ یافته‌ای که نشان‌دهنده اثر درمانی احتمالی دیگر صعود ورزشی بر ناهنجاری‌های وضعیتی است (۲۶)؛ اما تاکنون به مقایسه تمرینات مبتنی بر گذر عرضی با تمرینات مبتنی بر گذر عمودی پرداخته نشده است. با توجه به موارد بیان شده هدف از تحقیق حاضر بررسی تمرینات صعود داخل سالن (مبتنی بر گذر عرضی و عمودی) بر شاخص‌های کنترل قامت سالمندان است.

## روش مطالعه

این مطالعه در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی (کد: IR.SSRC.REC.1403.003) تأیید شده است. در این مطالعه کلیه اصول اخلاقی در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگان در مورد روش‌های مطالعه آگاه شدند، از محرمانه بودن اطلاعات خود اطمینان حاصل کردند و در هر زمان آزاد بودند مطالعه را ترک کنند. در صورت تمایل، نتایج مطالعه در اختیار آن‌ها قرار گرفت. طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طراحی پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری این تحقیق را سالمندان استان البرز تشکیل دادند که با استفاده از شبکه‌های اجتماعی فراخوان شرکت در تحقیق در گروه‌ها و کانال‌های مختلف ورزشی استان البرز (خصوصاً گروه‌های سنگ‌نوردی و کوه‌نوردی) از سالمندان ۶۰ تا ۷۵ ساله برای شرکت در تحقیق دعوت به عمل آمد. از میان داوطلبان بر اساس تحقیقات پیشین از بین این افراد ۳۶ نفر سالمند با توجه به معیارهای ورود و خروج، در محدوده سنی ۶۰-۷۵ سال به صورت در دسترس به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند. حجم نمونه بر اساس نرم افزار جی پاور<sup>۱</sup> با توان ۰/۹۵،

<sup>1</sup> .G\*Power

آلفای ۰/۰۵ و اندازه اثر ۲۵ درصد با در نظر گرفتن سه گروه و کووریت کردن یک عامل ۳۲ نفر به دست آمد که با احتمال ۴ نفر ریزش آزمودنی‌ها، جهت اطمینان تعداد ۳۶ نفر در نظر گرفته شد (۲۷).

آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه ۱۲ نفره تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عرضی، تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عمودی و گروه کنترل قرار گرفتند. معیارهای ورود شامل جنسیت مرد، دامنه سنی بین ۶۰-۷۵ سال، داشتن حداقل سواد مقطع چهارم ابتدایی، نداشتن هرگونه آسیب در اندام فوقانی و تحتانی از طریق بررسی پرونده‌های پزشکی، مشاهده و اظهار نظر شرکت‌کننده، داشتن توانایی استقلال در فعالیت، کسب حداقل نمره ۲۴ در آزمون کوتاه وضعیت ذهنی، نداشتن اختلالات نورولوژیک و عدم استفاده از عصا و ناتوانی در راه رفتن مستقل و داشتن فرم رضایت‌نامه آگاهانه از سالمندان برای شرکت در پژوهش بود. معیارهای خروج شامل نداشتن تمایل به ادامه دادن تمرینات در پژوهش و عدم شرکت در ۲ جلسه پایایی تمرینی بود. آزمون کوتاه بررسی شرایط ذهنی برای اندازه‌گیری سطح کیفیت هوشیاری با تشخیص و غربالگری دمانس مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین نمرات آن ۳۰ می‌باشد. آزمون‌های پژوهش در پیش و پس‌آزمون شامل آزمون تعادل برگ و ترس از افتادن بود.

#### ابزار پژوهش

##### پرسشنامه اطلاعات فردی و فرم رضایت‌نامه آگاهانه

آزمون کوتاه وضعیت ذهنی<sup>۱</sup> (MMSE): این پرسشنامه که فولستین آن را در سال ۱۹۷۵ معرفی کرد، جهت‌یابی<sup>۲</sup>، ثبت در حافظه<sup>۳</sup>، توجه<sup>۴</sup>، محاسبه<sup>۵</sup>، حافظه اخیر<sup>۶</sup>، زبان و توانایی‌های دیداری<sup>۷</sup> - ساختاری<sup>۷</sup> را می‌آزماید. برای تشخیص و غربالگری زوال عقل سالمندان از آزمون کوتاه وضعیت ذهنی استفاده شد MMSE. یک تست انجام شده روی کاغذ با حداکثر نمره ۳۰ است که نمرات پایین‌تر نشان‌دهنده مشکلات شناختی شدیدتر است. نقطه برش ایجاد شده برای MMSE، عملکرد شناختی «نرمال» را تعریف می‌کند و معمولاً روی ۲۴ تنظیم می‌شود، اگرچه از نظر تئوری می‌تواند از ۱ تا ۳۰ باشد. در پژوهشی سیدیان اعتبار پرسشنامه را توسط دوباره سنجی، به

1. Mini Mental State Examination

2. Orientation

3. Registration

4. Attention

5. Calculation

6. Recent Memory

7. Language Function and Visuspatial Thinking

دست آورد؛ و همچنین از آلفای کرومباخ برای برآورد پایایی درونی ابزار تحقیق استفاده کرد که ۰.۸۱ ضریب پایایی درونی به دست آمد (۲۸).

#### فرم رضایت‌نامه آگاهانه

فرم رضایت‌نامه آگاهانه قبل از شروع آزمون گیری از کلیه آزمودنی‌های خواسته شد که فرم رضایت‌نامه شرکت ارادی و آگاهانه در تحقیق را مطالعه و آن را امضاء کنند.

#### پرسشنامه ثبت مشخصات فردی و پیشینه پزشکی

پرسشنامه ثبت مشخصات فردی و پیشینه‌ی پزشکی افراد شرکت‌کننده در آزمون حاوی اطلاعات زمینه‌ای مربوط به متغیرهای سن، قد، وزن، شغل، سابقه زمین خوردن، دفعات زمین خوردن، سطح سواد، سابقه‌ی ابتلا به بیماری‌های مزمن، داروهای مصرفی و تعداد مصرف روزانه‌ی آن‌ها (پیوست شماره ۲).

#### سیستم تعادلی بایودکس<sup>۱</sup> برای بررسی عملکرد تعادلی افراد

در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به تعادل پویا از سیستم تعادلی بایودکس مدل (Balance System SD) ساخت کمپانی Biodex آمریکا استفاده گردید. این سیستم از یک صفحه‌ی دایره‌ای متحرک برای استقرار آزمودنی (صفحه تعادل سنج)، یک مانیتور و یک سیستم پردازشگر الکترونیکی تشکیل شده است. این دستگاه شامل یک صفحه دایره‌ای مدرج به نام صفحه تعادل سنج است که روی یک گوی بزرگ با چند حس‌گر قرار دارد و به راحتی می‌تواند در تمامی جهات یک دایره، متناسب با جهت نیروی ناشی از فشار پاها تغییر یابد. دستگاه تعادل سنج نتیجه این انحرافات را به‌طور میانگین و در قالب سه شاخص (شاخص انحراف کلی، شاخص انحراف در جهت قدامی - خلفی و شاخص انحراف در جهت میانی - جانبی) نشان می‌دهد. در این دستگاه میزان سختی صفحه‌ی تعادل سنج در ۱۲ وضعیت مختلف (۱ تا ۱۲) قابل تنظیم می‌باشد. در وضعیت ۱۲ سطح پایدار است و حساسیت آن به تغییرات مرکز ثقل کم می‌باشد؛ درحالی‌که در درجه ۱ (سطح ناپایدار) سفتی صفحه به حداقل رسیده و به کوچک‌ترین جابه‌جایی مرکز ثقل صفحه حساسیت نشان می‌دهد. صفحه تعادل سنج دارای نواحی چهارگانه (I, II, III, IV) است. نواحی چهارگانه به ترتیب محل استقرار: پنجه‌ی پای راست در ربع اول (I) پنجه‌ی پای چپ در ربع دوم (II) پاشنه‌ی پای چپ در ربع سوم (III) و پاشنه‌ی پای راست در ربع چهارم (IV) است. جهت تعیین جای قرارگیری پاها و نحوه‌ی استقرار آزمودنی از او خواسته می‌شود که روی صفحه‌ی

<sup>1</sup>.Biodex Balance System

تعادل سنج بایستد طوری که پاشنه پاها به اندازه ۱۰ درصد طول قد از هم فاصله داشته و هر یک به اندازه ۱۵ درجه به خارج متمایل باشند (۲۹).

## روش اجرا

شرکت کنندگان گروه‌های تجربی دو جلسه در هفته، هر جلسه ۴۰ دقیقه و به مدت هشت هفته تمرینات سنگ‌نوردی را اجرا کردند. آزمودنی‌های گروه کنترل، در طی این مدت هیچ گونه مداخله‌ای دریافت نکردند. قبل و پس از پایان هشت هفته از دو گروه تجربی و گروه کنترل، آزمون تعادل بایودکس را اجرا کردند بدین منظور درجه دشواری آزمون تعادل بایودکس از طریق کاهش پایداری صفحه زیر پاها در تمام جهت‌ها با تنظیم دستگاه بایودکس روی سطح ۸ صورت گرفت. نحوه اجرای آزمون بدین ترتیب بود که از داوطلب خواسته می‌شد روی دستگاه بایودکس ایستاده و در مدت زمان ۳۰ ثانیه تعادل خود را روی صفحه حفظ کنند. در طول انجام آزمون برای جلوگیری از هرگونه فشار اضافی بر سالمندان هیچ‌گونه بازخوردی به آن‌ها ارائه نمی‌شد.

در این پژوهش تمرینات سنگ‌نوردی هم برای گروه تجربی اول (مبتنی بر حرکات عرض) و هم برای گروه تجربی دوم (مبتنی بر حرکات عمودی) شامل گرم کردن (۱۰ دقیقه)، تمرینات ویژه سنگ‌نوردی (۲۰ دقیقه) و سرد کردن (۱۰ دقیقه) بود، تمرینات شامل صحیح گرفتن گیره چسبیده به دیواره و قرارگیری دستان بر گیره‌های دیواره و همین‌طور جابجایی پاها به همراه تنظیم فشار و کشش دست و پا به صورت پی‌درپی بود (۱۵). در این جلسات تمرینی در ابتدای هر پروتکل تمرین سعی شده تمرکز روی تمرین تقویت دستان و انگشتان دست باشد. از سوی دیگر تکنیک‌هایی شامل ایجاد فشار بر پاها و حس فشار متقابل با برنامه‌ریزی متناسب توانمندی افراد سالمند بر روی دیواره تراورس و با سختی تمرینی پایین توسط مربی آموزش داده شد. همچنین یادگیری گیره کردن دست‌ها و کشیدن در جهت مخالف از دیگر مراحل یادگیری است که توسط مربی آموزش داده شد. وسایل مورد استفاده برای تمرین از گیره‌های بزرگ متناسب با فیزیک افراد سالمند تا گیره‌های کوچک در جلسات بعدی در سالن تهیه شده بود. تکیه کردن و استفاده از فشار از طریق دست و پا توسط مربی نشان داده شد و افراد سالمند شروع به تمرین می‌کردند. علاوه بر این تمرینات که در هر دو گروه یکسان بود تفاوت‌هایی در نحوه اجرای تمرین‌ها برای هر گروه وجود داشت که در ادامه بیان شده است.

پروتکل اجرایی گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عمودی: در این گروه بر خلاف گروه قبل تأکید بر صعود و افزایش ارتفاع بر روی دیواره‌های سنگی بود. سهم بیشتر تمرینات با طراحی پروتکل‌های تمرینی منوط به برهم زدن تعادل با صعود بیشتر (گذر عمودی) بود. به طوری که فرد سالمند در حفظ و نگهداری بدن بر روی گیره‌های نصب شده بر دیواره‌های مصنوعی با ارتفاع خیلی پایین تلاش کند. این پروتکل به صورتی انجام گرفت که فردی

هم که آمادگی بالا و تمایل به صعود بیش از دو متر را داشت برای بالارفتن ارتفاع از طناب‌ها جهت حفاظت آن‌ها استفاده می‌شد و این کار با راهنمایی مداوم مربی انجام می‌گرفت (۳۰، ۳۱)؛ بنابراین ایمن‌سازی برای صعود بالاتر یکی از حمایت‌هایی بود که توسط مربی انجام می‌شد.

پروتکل اجرایی گروه سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عرضی: در این سهم بیشتر تمرینات با طراحی پروتکل‌های تمرینی منوط به برهم زدن تعادل بود. به طوری که فرد سالمند در حفظ و نگهداری بدن بر روی گیره‌های نصب شده بر دیواره‌های مصنوعی با ارتفاع خیلی پایین تلاش کند. گیره‌ها در ارتفاع‌های کم و نزدیک به هم نصب شده بود در این دیواره مصنوعی زمانی که افراد بر روی گیره‌ها قرار می‌گرفتند سهم نگه‌داری به عهده دست‌ها بود و وزن و فشار بر روی پاها بود و هر دفعه از آن‌ها خواسته می‌شد سعی در جابجا شدن بر روی گیره‌ها به صورت عرضی کنند در این حالت تعادل به هم می‌خورد و آزمودنی سعی می‌کند تعادل خود را دوباره حفظ کند. (۳۰، ۳۱).

#### روش آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق آمار توصیفی و استنباطی از نسخه ۲۲ نرم افزار SPSS استفاده شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. از تحلیل کوواریانس<sup>۱</sup> برای مقایسه بین گروهی و از آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسات دو به دوی گروه‌ها و از آزمون تی همبسته برای مقایسه درون گروهی در پیش و پس‌آزمون استفاده شد. همین طور سطح معناداری در تمام روش‌های آماری با در نظر گرفتن کمتر از ۵ درصد انجام شد.

#### یافته‌ها

جدول ۱ مشخصات آزمودنی‌ها اعم از سن، وزن و قد نشان داده شد. نرمال بودن داده‌های مذکور از طریق آزمون شاپیرو ویلک ( $P > 0.05$ ) بررسی و تأیید شد. بین گروه‌های تحقیق تفاوت معناداری در متغیرهای دموگرافیک وجود نداشت؛ بنابراین گروه‌های تحقیق از نظر متغیرهای توصیفی همگن بودند.

---

<sup>1</sup>. Covariance



جدول ۱: مشخصات جمعیت‌شناسی گروه‌های تجربی و کنترل

P-value	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین			متغیر
	گروه سنگ‌نوردی			
	گروه کنترل	صعود عمودی	گذر عرضی	
۰/۴۱۶	۶۹/۸۵ $\pm$ ۴/۱۹	۶۸/۵۶ $\pm$ ۴/۶۴	۶۹/۱۷ $\pm$ ۳/۶۳	سن (سال)
۰/۵۲۳	۱۶۶/۴ $\pm$ ۴/۰۹	۱۶۶/۳ $\pm$ ۵/۰۱	۱۶۵/۱ $\pm$ ۴/۷	قد (سانتی‌متر)
۰/۵۱۷	۶۶/۰۱ $\pm$ ۴/۰۹	۶۶/۶ $\pm$ ۵/۰۱	۶۵/۱۶ $\pm$ ۵/۷۷	وزن (کیلوگرم)

در جدول شماره ۲ آماره‌های توصیفی متغیرهای مرتبط با پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه تجربی و گروه کنترل نشان داده است

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون شاخص‌های کنترل قامت در گروه‌های مختلف

شاخص ثبات داخلی - خارجی MLSI		شاخص ثبات قدامی - خلفی APSI		شاخص ثبات کلی OASI		
پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	
۷/۷ $\pm$ ۱/۵۲	۱۳/۷ $\pm$ ۲/۳۸	۶/۸۱ $\pm$ ۱/۵۶	۱۱/۱۷ $\pm$ ۱/۸۵	۵/۷ $\pm$ ۱/۷۶	۱۰/۶۸ $\pm$ ۱/۷۶	تمرینات عمودی
۸/۷ $\pm$ ۱/۱۶	۱۲/۷ $\pm$ ۲/۰۸	۸/۳۳ $\pm$ ۱/۸۱	۱۲/۲۲ $\pm$ ۲/۲۳	۸/۰۱۱ $\pm$ ۱/۰۹	۱۱/۶۷ $\pm$ ۱/۱۹	تمرینات عرضی
۱۲/۱۱ $\pm$ ۲/۳۴	۱۲/۵۵ $\pm$ ۲/۲۹	۱۲/۸۸ $\pm$ ۱/۷۳	۱۲/۵۹ $\pm$ ۱/۹۱	۱۱/۱۹ $\pm$ ۲/۰۳	۱۰/۳۹ $\pm$ ۱/۵۲	کنترل

نتایج حاصل از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و سطح معنی‌داری در همه متغیرهای پژوهش، هم در پیش‌آزمون و هم در پس‌آزمون، بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بود؛ بدین معنی که توزیع داده‌های مربوط به شاخص‌های کنترل قامت در همه گروه‌ها هم در پس‌آزمون و هم در پیش‌آزمون دارای شکل نرمال می‌باشند.

نتایج آزمون تی همبسته نشان داد، پیشرفت معنی‌داری در نمرات شاخص ثبات کلی ( $P < 0/001$ )،  $t_{(11)} = -10/418$ ،  $P < 0/005$ )، شاخص ثبات قدامی - خلفی ( $P < 0/001$ )،  $t_{(11)} = -8/593$ ، شاخص ثبات داخلی - خارجی ( $P < 0/005$ )،  $t_{(11)} = -8/190$ ، در گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر عمودی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون مشاهده شد (جدول ۳). همچنین، پیشرفت معنی‌داری در نمرات شاخص ثبات کلی ( $P < 0/001$ )،  $t_{(11)} = -10/048$ ، شاخص ثبات قدامی - خلفی ( $P < 0/001$ )،  $t_{(11)} = -6/199$  و شاخص ثبات داخلی - خارجی ( $P < 0/001$ )،  $t_{(11)} = -5/972$ ، در گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر گذر افقی، از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون مشاهده شد؛ اما در گروه کنترل هیچ کدام از این نمرات در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری نداشته است ( $P > 0/05$ )، لذا، این نتایج نشان از تأثیر معنی‌دار تمرینات سنگ‌نوردی عرضی و عمودی بر تمام شاخص‌های تعادلی دارد.

در پژوهش حاضر برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد با توجه به اینکه سطح معنی‌داری برای تمامی شاخص‌ها بیش از 0/05 بود، بنابراین پیش‌فرض همگنی واریانس‌ها برقرار بود. علاوه بر این برای بررسی همگنی شیب رگرسیون مقدار F تعامل بین متغیر همپراش و مستقل محاسبه شد و همگنی شیب خط رگرسیون بین متغیر همپراش و مستقل در گروه‌های پژوهش در سطح معنی‌داری 0/05 پذیرفته شد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد بین سه گروه تمرینات سنگ‌نوردی عرضی، عمودی و کنترل در شاخص ثبات کلی ( $\eta = 0/593$ )،  $F = 26/539$ ،  $P < 0/001$ )، شاخص ثبات قدامی - خلفی ( $\eta = 0/671$ )،  $F = 28/444$ ،  $P < 0/001$ ) و شاخص ثبات داخلی - خارجی ( $\eta = 0/611$ )،  $F = 32/816$ ،  $P < 0/001$ ) در مرحله پس‌آزمون با تعدیل نمرات پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. برای پیدا کردن محل تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

**جدول ۵:** نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه شاخص‌های کنترل قامت گروه‌های تحقیق در مرحله پس‌آزمون

متغیر	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig	ضریب ایستا
شاخص ثبات کلی	510/008	2	376/970	26/539	0/001*	0/593
شاخص ثبات قدامی - خلفی	724/221	2	711/1619	28/444	0/001*	0/671
شاخص ثبات داخلی - میانی	856/689	2	468/344	32/816	0/001*	0/611

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که گروه کنترل تفاوت معنی داری در تمام شاخص‌های کنترل قامت نسبت به گروه تمرینات سنگ‌نوردی عرضی و عمودی داشتند. مقایسه نمرات تعدیل شده بر اساس پیش‌آزمون نشان می‌دهد که گروه کنترل ثبات کمتری نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. همچنین گروه سنگ‌نوردی عمودی تفاوت معنی داری در تمام شاخص‌های کنترل قامت نسبت به گروه تمرینات سنگ‌نوردی عرضی و کنترل قامت داشتند. مقایسه نمرات تعدیل شده بر اساس پیش‌آزمون نشان می‌دهد که گروه سنگ‌نوردی عمودی ثبات بیشتری نسبت به سایر گروه‌ها داشتند.

جدول ۶: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه محل تفاوت بین گروه‌ها در متغیرهای شاخص‌های کنترل قامت

کنترل	تجربی ۲	تجربی ۱		
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	*****	تمرینات عمودی	شاخص ثبات کلی
۰/۰۰۰۵	*****	۰/۰۰۱	تمرینات عرضی	
*****	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	کنترل	
۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸	*****	تمرینات عمودی	شاخص ثبات قدامی - خلفی
۰/۰۰۰۸	*****	۰/۰۱۸	تمرینات عرضی	
*****	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	کنترل	
۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۰	*****	تمرینات عمودی	شاخص ثبات داخلی - خارجی
۰/۰۰۰۵	*****	۰/۰۴۰	تمرینات عرضی	
*****	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	کنترل	

## بحث

هدف از تحقیق حاضر، تأثیر سنگ‌نوردی مبتنی بر تمرینات عرضی و عمودی بر شاخص‌های کنترل قامت سالمند بود. نتایج نشان داد که هر دو نوع تمرینات تأثیر سنگ‌نوردی مبتنی بر تمرینات عرضی و عمودی به طور معنی‌داری موجب بهبود نمرات تعادلی در سالمندان شد. همچنین نتایج نشان داد گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عمودی بهبود بیشتری در نمرات تعادل نسبت به گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عرضی داشتند.

اثرگذاری تمرینات سنگ‌نوردی بر تعادل می‌تواند نشان دهنده قدرت محتوا و جذابیت تمرینی سنگ‌نوردی در این پژوهش باشد. استدلال شده است که صعود ممکن است در توان‌بخشی عصبی مفید باشد زیرا مشکلات شناختی پیچیده به دلیل تغییر مداوم توالی حرکات حل در طول صعود حل می‌شوند (۱۴). همچنین برای بهبود تعادل راه رفتن به منظور جلوگیری از افتادن در سالمندان و بهبود انعطاف‌پذیری، ثبات و قدرت در افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس استفاده شده است (۱۷). صعود همچنین ممکن است قدرت عضلات ستون فقرات را افزایش دهد و تعادل عضلانی را بهبود بخشد (۱۸). عضلات اصلی اندام تحتانی شامل عضلات پهن جانبی، دوسر رانی، درشت نئی قدامی و عضله دوقلو (۳۲) است که ممکن است طی صعود تقویت شود. تأثیر تقویتی تمرینات سنگ‌نوردی بر روی عضلات کمر و کمر بند شانه‌ای ممکن است فرد سالمند را قادر سازد تا حالت عمودی‌تری داشته باشد که موجب افزایش بیشتر تعادل در سالمندان می‌شود. وضعیت خمیده با کاهش جزئی رفلکس‌های وضعیتی تثبیت کننده بر ثبات وضعیتی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، بهبود وضعیت خمیده می‌تواند به طور بالقوه ثبات وضعیتی را بهبود بخشد (۱۹). با این حال، وضعیت خم شدن به جلو نیز به عنوان یک حالت پیشگیرانه برای محافظت در برابر افتادن استفاده می‌شود.

توضیح دیگر برای اثربخشی تمرینات سنگ‌نوردی برای سالمندان را می‌توان در این واقعیت یافت که صعود ورزشی انعطاف‌پذیری در تنه و ستون فقرات را که جزء اصلی حفظ و اصلاح وضعیت بدن است بهبود می‌بخشد (۳۳). صعود ورزشی با توجه به نیازهای بالای خود در برنامه‌ریزی و اجرای حرکت، آگاهی فضایی از بدن را نیز آموزش می‌دهد که جزء مهمی در حفظ و اصلاح وضعیت بدن است. از طرفی حس عمقی یک عنصر ضروری برای کنترل عصبی حرکتی بالاتنه در نظر گرفته می‌شود و بهبود آن با تمرین بازخورد بصری یا لمسی با کاهش وضعیت خمیده به جلو در سالمندان همراه است. در تناقض با نتایج این تحقیق می‌توان به مطالعه گابیزون و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی تأثیر تمرینات پیلاتس بر روی سطح پایدار بر کنترل تعادل و وضعیت سلامتی سالمندان پرداختند، اشاره کرد. نتایج مطالعه این فرضیه را تأیید نمی‌کند که تمرین پیلاتس در این گروه سنی در مقایسه با گروه

کنترل، کنترل تعادل و وضعیت سلامتی خود گزارش شده را بهبود می‌بخشد. برای یک مداخله ورزشی برای هدف قرار دادن یک عملکرد خاص، مانند تعادل، باید آن سیستم را به چالش بکشد و به طور خاص به آن عملکرد بپردازد. تعادل یک مهارت چند مفصلی است که شامل تعامل سیستم‌های فیزیولوژیکی می‌شود. تمرینات پیلاتس به طور خاص بر روی قدرت و انعطاف عضلانی اصلی است، نه سیستم کنترل تعادل، بنابراین تعجب آور نیست که تعادل بهبود نیافته است (۳۳)؛ اما در تحقیق حاضر هدف اصلی ما بر هم زدن تعادل در طول حرکات عرضی و عمودی و حفظ دوباره تعادل بود؛ در واقع هدف اصلی پروتکل تمرینی تحقیق حاضر بهبود تعادل بود که نتایج نشان داد نمرات تعادل در هر دو گروه تجربی تحقیق ما بعد از هشت هفته تمرین افزایش یافت. یکی از مزیت‌های صعود می‌تواند این باشد که ممکن است به دلیل مؤلفه ماجراجویانه آن نسبت به سایر انواع درمان‌های فیزیکی یا ورزشی هیجان انگیزتر باشد و در نتیجه سطوح بالاتری از پایداری را به همراه داشته باشد. بنابراین با توجه به این موارد بهبود مهارت‌های شناختی، عملکرد عصبی-عضلانی و افزایش قدرت عضلات ممکن است از دلایل بهبود تعادل سالمندان در گروه‌های تجربی باشد. در تائید نتایج این پژوهش، لورد و همکاران (۲۰۰۶) به تغییرات شرایط با ایجاد فراهم سازهای محیطی و ایمن‌سازی برای انجام کارهای روزمره افراد مسن در مقایسه شرایط نا امن اشاره داشتند که ایجاد شرایط مناسب توانسته بود به تعادل و شرایط جسمانی افراد سالمند کمک کند و ترس از افتادن را در این آزمودنی‌ها کاهش دهد (۳۴).

بر اساس دیدگاه سیستم‌های پویا شرایط مختلف سیستم‌های محیطی، تکلیف و فرد می‌تواند رفتارهای فردی را در دوران مختلف رشدی به‌ویژه سالمندی محدود کند (۳۵) در پژوهش حاضر پژوهشگر به دنبال غنی‌سازی محیط که یکی از عوامل مهم مرتبط با دیدگاه سیستم‌های پویا می‌باشد، بود که با تغییرات بازخورد از سمت مربی و ایجاد فضای تمرینی بدون آسیب و ترس توانسته است اثرات مثبتی را به جا بگذارد. از سوی دیگر بهبود مکانسیم عصبی که مرتبط با قیود فرد در دیدگاه سیستم‌های پویا است، هم توانسته است بهبود نتایج را تبیین کند (۳۶). داده‌ها حاکی از نقایص متعددی در مخچه افراد سالمند بر اساس زوال سیستم عصبی، از جمله اختلال در نوروهای پورکنژ و دانه‌ای و نقص در نیمکره خلفی و ورمیس قشر شنوایی و حسی تنی است. ورزش با غنی‌سازی محیطی ممکن است با کاهش میزان از دست دادن سلول‌های پورکنژ در مخچه، اثر بهبود بخشی بر اختلالات تعادل و حرکتی داشته باشد (۳۷). اگرچه در مطالعه حاضر هیچ اندازه‌گیری مستقیمی برای عملکرد مخچه وجود ندارد، اما نتایج و یافته‌های مطالعات مربوط به پایه عصبی تفسیر ما را تائید می‌کند (۳۷). بنابراین، منطقی است که بهبود برجسته مهارت‌های تعادل در افراد سالمند در این پژوهش، عملکرد مخچه را به مشارکت در برنامه سنگ‌نوردی نسبت دهیم. در نهایت بر اساس فرضیه هدایت و راهنمایی زمانی که مربی پای تا پای شاگرد او را

هدایت و راهنمایی می‌کند فرد سالمند با تکیه بر راهنمایی مربی بر ترس غلبه کرده و از طریق تمرینات، عضلات و محدودیت‌های او مورد ملاحظه قرار گرفته و عملکرد بهتری را اعمال کردند (۳۸).

علاوه بر این، در گروه سنگ‌نوردی ورزشی مبتنی بر حرکات عمودی نمرات تعادل بهتر از گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عرضی بود، یکی از دلایل اصلی این امر بستن طناب به آزمودنی‌ها توسط مربی و حرکات عمودی بیشتر این گروه بود حرکات عمودی بیشتر با افزایش سختی و دشواری تکلیف و تلاش بیشتر همراه است که ممکن است همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد موجب افزایش بیشتر تعادل شود. در گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عرضی برای جلوگیری از صدمات ناشی از سقوط، تشک را روی زمین قرار دادیم و معمولاً مربی در پشت فرد سالمند قرار می‌گیرد تا در صورت سقوط او را حمایت کند. همچنین می‌تواند با قرار دادن دست‌های خود بر پشت، در صورت نیاز، اطمینان و حمایت را فراهم کند؛ در این حالت فرد سالمند بیشتر حرکات عرضی در ارتفاع‌های پایین را انجام می‌دهد و نمی‌تواند حرکات عمودی بیشتری انجام دهد در واقع سیستم عصبی - عضلانی و تعادلی وی کمتر به چالش کشیده می‌شود به همین دلیل نمرات تعادل در این گروه نسبت به گروه تمرینات سنگ‌نوردی مبتنی بر حرکات عمودی بهبود کمتری داشته است (۳۹).

در صخره‌نوردی داخل سالن، مکانیک تعادل و حرکت به طور قابل توجهی بین گذر عرضی (افقی) و عمودی به دلیل نیازهای متفاوت در موقعیت بدن کوهنورد و مدیریت مرکز ثقل متفاوت است. در گذر عرضی معمولاً کوهنورد نیاز دارد تا تعادل را با استفاده از جابجایی‌های جانبی وزن بدن حفظ کند. کوهنورد اغلب باید لگن خود را نزدیک دیوار نگه دارد در غیر این صورت مرکز ثقل کوهنورد را به سمت بیرون می‌کشد. این نوع حرکت باعث ثبات تنه و انعطاف‌پذیری پا می‌شود، زیرا کوهنوردان باید مرتباً پاها را عوض کنند و وضعیت بدن را حفظ کنند (۴۰). در این صورت کوهنورد باید از جایگذاری دقیق پا استفاده کند و اغلب یک سری حرکات جانبی مانند حرکات‌های دینامیکی انجام دهد. در گذر عرضی بالاتنه برای حمایت به جای کشیدن (به سمت بالا)، با تمرکز بر حفظ مرکز ثقل پایین استفاده می‌شود. این حرکت به شدت شامل ثبات شانه و استقامت ساعد می‌شود. عضلات پایین تنه مانند عضلات مایل و باسن به ثبات جانبی کمک می‌کنند. اما صعود عمودی شامل هل دادن بیشتر بدن به سمت بالا و کنترل تعادل جانبی کمتری است. تعادل کوهنورد با استفاده از ترکیبی از حرکات رسیدن و هل دادن با پاها کنترل می‌شود که نسبت به حرکات افقی نیرومندتر هستند؛ بنابراین ممکن است طی صعود عمودی عضلات اصلی اندام تحتانی شامل عضلات پهن جانبی، دوسر رانی، درشت نئی قدامی و عضله دوقلو (۳۲) تقویت شود. حفظ یک مرکز ثقل کارآمد شامل حرکت لگن به سمت بالا در هماهنگی با قرارگیری پا است (۴۰). چالش در اینجا اغلب صرفه جویی در انرژی در حین صعود است، که نیاز به انتقال آرام و استفاده مؤثر از تنش بدن دارد. حرکت عمودی

به کشیدن قدرت از بازوها و شانه‌ها، همراه با قدرت هل دادن از پاها متکی است. تنه هنوز هم برای حفظ تنش ضروری است، اما بار به طور مساوی بین عضلات بالا و پایین بدن توزیع می‌شود (۲۴).

به طور کلی می‌توان گفت در صعود عرضی، تعادل از طریق جابجایی‌های جانبی برقرار می‌شود، در حالی که در صعود عمودی، تعادل بیشتر مربوط به رانش به سمت بالا و حفظ ثبات از طریق هل دادن و کشیدن است. حرکات افقی معمولاً به استراتژی‌های صرفه جویی در انرژی بیشتری نیاز دارد زیرا اگر تعادل به خوبی حفظ نشود، می‌تواند خسته‌کننده‌تر باشد (۲۴). با این حال، صعود عمودی به دلیل تکیه بر حرکات کششی می‌تواند روی بازوها و بالاتنه شدیدتر شود. بالا رفتن عرضی نیاز به قرار دادن دقیق پا برای جلوگیری از تاب خوردن دارد، در حالی که صعود عمودی برای حرکت رو به بالا نیاز بیشتری به دستگیره دارد. در اصل، عبور عرضی تعادل جانبی و موقعیت بدن کوهنورد را آزمایش می‌کند، در حالی که عبور عمودی بیشتر بر قدرت و ثبات رو به بالا تمرکز می‌کند (۳۹).

حرکات عرضی و عمودی در کوهنوردی بدن را متفاوت درگیر می‌کند. صعود عمودی اغلب به حرکات و تنظیمات پویاتر برای حفظ تعادل نیاز دارد، زیرا کوهنوردان مرکز جرم خود را به سمت بالا تغییر می‌دهند. این امر به ویژه در هنگام صعود در زوایای شیب‌دار صادق است که می‌تواند بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و سطوح خستگی بیش از حرکات افقی تأثیر بگذارد از سوی دیگر، صعود افقی تمایل به تأکید بر هماهنگی و ثبات جانبی دارد و گروه‌های عضلانی مختلف را برای حفظ تعادل، درگیر می‌کند (۴۰).

تحقیقات نشان می‌دهد که بار فیزیولوژیکی (به عنوان مثال، قدرت گرفتن و فعال شدن عضلات) بسته به افقی یا عمودی بودن حرکت متفاوت است. صعودهای عمودی به انقباضات شدیدتر و قدرت گرفتن پایدار نیاز دارند که بر استقامت تأثیر می‌گذارد. در همین حال، حرکات افقی اغلب نیاز به تعادل جانبی و هماهنگی بیشتری دارند، به ویژه در مدیریت شیفته‌ها در مرکز جرم و قرارگیری پاهای کوهنورد (۴۰).

تمرکز این تحقیق تنها بر مردان مسن ممکن است تعمیم یافته‌ها را به سایر جمعیت‌ها، مانند زنان مسن یا افراد جوان‌تر، محدود کند. گروه‌های سنی یا جنسیت‌های مختلف ممکن است به دلیل تفاوت در تعادل، قدرت یا خطر آسیب به ورزش واکنش متفاوتی نشان دهند. علاوه بر این، یک نمونه همگن از نظر سطح تناسب اندام، وضعیت سلامتی یا تجربه قبلی صعود می‌تواند بر کاربرد نتایج تأثیر بگذارد. همچنین عدم جلسات پیگیری یک یا چند ماهه از محدودیت‌های دیگر این تحقیق بود که باعث شد میزان ماندگاری تأثیر مداخلات نامشخص باشد. پرداختن به این محدودیت‌ها برای نتیجه‌گیری مطمئن‌تر در مورد اثربخشی صخره‌نوردی داخلی بر کنترل وضعیتی در مردان مسن بسیار مهم است. همچنین در تحقیقات آینده پژوهشگران اثر تمرینات سنگ‌نوردی بر سایر مؤلفه‌های

عصبی-عضلانی با ایجاد کنترل شرایط در این جامعه مورد بررسی قرار دهند. پیشنهاد می‌گردد تمرینات سنگ‌نوردی با توجه به تأثیرگذاری آن و همچنین نداشتن امکانات پیچیده و وسایل گران قیمت، برای افراد سالمند در دیواره‌های خانه و به طور خاص در مراکز توان‌بخشی مربوط به سالمندان مورد استفاده قرار گیرد.

### نتیجه‌گیری نهایی

سنگ‌نوردی ممکن است قدرت عضلات ستون فقرات را افزایش دهد و تعادل عضلانی را بهبود بخشد. تأثیر تقویتی تمرینات سنگ‌نوردی بر روی عضلات کمر و کمر بند شانه‌ای ممکن است فرد سالمند را قادر سازد تا حالت عمودی تری داشته باشد که موجب افزایش بیشتر تعادل در سالمندان می‌شود. وضعیت خمیده با کاهش جزئی رفلکس‌های وضعیتی تثبیت کننده بر ثبات وضعیتی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، بهبود وضعیت خمیده می‌تواند به طور بالقوه ثبات وضعیتی را بهبود بخشد. همچنین صعود ورزشی انعطاف‌پذیری در تنه و ستون فقرات را که جزء اصلی حفظ و اصلاح وضعیت بدن است بهبود می‌بخشد. از طرفی حس عمقی یک عنصر ضروری برای کنترل عصبی حرکتی بالاتنه در نظر گرفته می‌شود و بهبود آن با تمرین بازخورد بصری یا لمسی با کاهش وضعیت خمیده به جلو در سالمندان همراه است؛ بنابراین توصیه می‌شود برای دستیابی هرچه بیشتر سالمندان به استقلال فردی از تمرینات سنگ‌نوردی ارائه شده در تحقیق حاضر استفاده کنند.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام شرکت‌کنندگانی این تحقیق و همچنین تمامی افرادی که در نوشتن و انتشار این مطالعه همکاری داشتند، کمال تقدیر و تشکر را دارند.



- .1 Armbrecht HJ. A biological perspective of ageing. *Pathy's principles and practice of geriatric medicine*. 2012;1:11-21.
- .2 Safarpour, Mehdi, Hosseini, Seyed Reza, Zeraati, Hojjat, Bijani, Ali, and Fotohi, Akbar. (2018). Balance in the Elderly and Its Determinants. *Journal of the Faculty of Medicine*, 76(5), 346-353. SID. <https://sid.ir/paper/38217/fa>.
- .3 Golmakani E, Usefi M, Tabatabaeichehr M, Ghanei zare F, Moayyed L, Hasan zadeh E et al . Fall in elderly : A Literature Review. *North Khorasan University of Medical Sciences* 2014; 5 (5) :1159-1163  
URL: <http://journal.nkums.ac.ir/article-1-311-fa.html>.
- .4 Arghavani H, Zolaktaf V, Lenjannejadian S. The Effect of an 8-week Exercise Program Focused on Anticipatory Postural Adjustments on Postural Control and Motor Function in the Elderly. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* 2020; 15 (2) :236-245  
URL: <http://salmandj.uswr.ac.ir/article-1-1516-fa.html>.
- .5 Conley RB, Adib G, Adler RA, Åkesson KE, Alexander IM, Amenta KC, et al. Secondary fracture prevention: consensus clinical recommendations from a multistakeholder coalition. *Journal of bone and mineral research*. 2020;35(1):36-52.
- .6 Järviö T, Nosraty L, Aho AL. Older individuals' perceptions of a good death: A systematic literature review. *Death Studies*. 2023.89-476:(4)47;
- .7 Asahina Y, Sakaguchi Y, Kajimoto S, Hattori K, Oka T, Kaimori J-Y, et al. A randomized controlled trial of whole-body vibration on gait ability and balance among older hemodialysis patients. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2023;18(1):84-90.
- .8 Lazik D. *Therapeutisches Klettern*: Georg Thieme Verlag; 2008.
- .9 Bisharat A. *Sport climbing: From top rope to redpoint, techniques for climbing success*: The Mountaineers Books; 2009.
- .10 Donahoe T, Luebben C. *Rock climbing: Mastering basic skills*: Mountaineers Books; 2014.
- .11 Schweizer A. *Sport Climbing/Bouldering. Injury and Health Risk Management in Sports: A Guide to Decision Making*. 2020:627-33.
- .12 Qaysari F, Tahmasebi Boroujeni S, Ahmadi Kakavandi M. PETTLEP Imagery is effective in Table Tennis Forehand Learning of Multiple Sclerosis Patients. *Middle Eastern Journal of Disability Studies*. 2019;9(0):4-.
- .13 Qeysari SF, Sheikh M, Hoomanian D, Bagherzadeh F. Comparison of Play-based training and Riding on the key social dimensions of Stanford in adolescents with autism spectrum disorder: Examining the theory of social motivation. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024.
- .14 Gorczyński P, Faulkner G. Exercise therapy for schizophrenia. *Cochrane database of systematic reviews*. 2010(5).
- .15 Buechter RB, Fechtelpeter D. Climbing for preventing and treating health problems: a systematic review of randomized controlled trials. *GMS German Medical Science*. 2011;9.
- .16 Rossi A, Torres-Panchame R, Gallo PM, Marcus AR, States RA. What makes a group fitness program for people with Parkinson's disease endure? A mixed-methods study of multiple stakeholders. *Complementary Therapies in Medicine*. 2018;41:320-7.
- .17 Fleissner H, Sternat D, Seiwald S, Kapp G, Kauder B, Rauter R, et al. Therapeutic climbing improves independence, mobility and balance in geriatric patients. *Euro J Ger*. 2010;12(1):12-6.
- .18 Heitkamp H, Wörner C, Horstmann T. Sport climbing with adolescents: effect on spine stabilising muscle strength. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*. 2005;19(1):28-32.

- .19 Joshi H, Kanase SB, Jadhav P, editors. EFFECTIVENESS OF STRETCHING AND STRENGTHENING EXERCISES ON STOOPED POSTURE IN GERIATRIC PATIENTS. *Obstetrics and Gynaecology Forum*; 2024.
- .20 Schram Christensen M, Jensen T, Voigt CB, Nielsen JB, Lorentzen J. To be active through indoor-climbing: an exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children. *BMC neurology*. 2017;17:1-20.
- .21 Weinstock-Zlotnick G, Wolff A, Potter G, Robbins L. Children With Cerebral Palsy's Experiences With Adaptive Climbing: A Qualitative Study on Parents' Perspectives. *HSS Journal®*. 2024:15563316241249912.
- .22 Schiffler T, Reiter E, Kapan A, Kranz G, Kotzian ST, Haider S, editors. Perceptions of Therapeutic Climbing for Patients with Multiple Sclerosis in Neurorehabilitation: A Qualitative Study. *Healthcare*; 2024: MDPI.
- .23 Langer A, Hansen C, Roth D, Santer A, Gruber J, Wizany L, et al. Vertical locomotion improves horizontal locomotion: effects of climbing on gait and other mobility aspects in Parkinson's disease. A secondary analysis from a randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2024.63:(1)21;
- .24 Rosponi A, Schena F, Leonardi A, Tosi P. Influence of ascent speed on rock climbing economy. *Sport sciences for health*. 2012;7:71-80.
- .25 Qeysari S, Tahmasebi Broujeni S, Shahbazi M. The effect of focus of attention on electromyography activity of the rectus abdominus muscle in vertical jump. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2020;18(19):35-45.
- .26 Langer A, Hasenauer S, Gassner L, Pokan R, Dabnichki P, Wizany L, et al. A randomised controlled trial on effectiveness and feasibility of sport climbing in Parkinson's disease. *npj Parkinson's Disease*. 2021;7(1):49.
- .27 Shieh G. Power analysis and sample size planning in ANCOVA designs. *Psychometrika*. 2020;85(1):101-20.
- .28 Seyedian M, FALAH M, NOUROUZIAN M, NEJAT S, Delavar A, Ghasemzadeh H. Validity of the Farsi version of mini-mental state examination. 2008.
- .29 Bagheri R, Sarmadi A, Arani LD. Learning effects of the biodex balance system during assessment of postural task with in test-retest measurements. 2012.
- .30 Lutter C, Schöffl V. Climbing in Older Athletes. *Climbing Medicine: A Practical Guide*: Springer; 2022. p. 207-11.
- .31 Bogardus LM. The bolt wars: A social worlds perspective on rock climbing and intragroup conflict. *Journal of Contemporary Ethnography*. 2012;41(3):283-308.
- .32 Qeysari F, Shahbazi M, Tahmasebi Boroujeni S, Sharifnejad A. The Effect of External and Internal Focus of Attention on Electromyography of the Lower Extremity Muscles in Different Phases of Vertical Jump. *Motor Behavior*. 2020;12(40):87-102.
- .33 Muehlbauer T, Stuerchler M, Granacher U. Effects of climbing on core strength and mobility in adults. *International journal of sports medicine*. 2012:445-51.
- .34 Lord SR, Menz HB, Sherrington C. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications. *Age and ageing*. 2006;35(suppl\_2):ii55-ii9.
- .35 Ghaybolahi, Masoumeh, Parvinpour, Shahab, Belali, Marzieh, & Entezari, Zahra. (1402). The effect of task constraint manipulation on balance indices of healthy elderly people. *Motor Behavior*, 15(53), 101-112. doi: 10.22089/mbj.2023.14508.2085.
- .36 Barani, Hassanieh, Belali, Marzieh, and Nasiri, Ismail. (1401). The effect of task constraint manipulation on performance indicators and anxiety related to fear of falling in the elderly. *Development and Learning of Motor-Sports (Movement)*, 14(2), 87-101. SID. <https://sid.ir/paper/1058641/fa>.

- .37 Kútna V, O'Leary VB, Hoschl C, Ovsepian SV. Cerebellar demyelination and neurodegeneration associated with mTORC1 hyperactivity may contribute to the developmental onset of autism-like neurobehavioral phenotype in a rat model. *Autism Research*. 2022;15(5):791-805.
- .38 Astell-Burt T, Hartig T, Putra IGNE, Walsan R, Dendup T, Feng X. Green space and loneliness: A systematic review with theoretical and methodological guidance for future research. *Science of the Total Environment*. 2022:157521.
- .39 Schöffl V, Schöffl I, Lutter C, Hochholzer T. *Climbing medicine: a practical guide*: Springer Nature; 2022.
- .40 Zampagni ML, Brigadoi S, Schena F, Tosi P, Ivanenko Y. Idiosyncratic control of the center of mass in expert climbers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011;21(5):688-99.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار