Research Paper

The Effect of Eight Weeks of Relaxation Massage on the Mental Fatigue Control, Balance, Lower Extremity Function and Landing Mechanic in Physical Education Students

Manouchehr Haidary¹ , Marzieh Givi¹

1. Department of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sports Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran.

Citation Haidary M, Givi M. The Effect of Eight Weeks of Relaxation Massage on the Mental Fatigue Control, Balance, Lower Extremity Function and Landing Mechanic in Physical Education Students. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(3):384-399. <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.1>

<https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.1>

Received: 04 Feb 2021

Accepted: 22 Feb 2021

Available Online: 23 Jul 2021

Keywords:

Relaxation, Massage, Mental, Fatigue, Functional performance, Balance

ABSTRACT

Background and Aims Mental fatigue usually occurs following prolonged cognitive activity. Mental fatigue is a psychological condition that occurs as a result of long-term cognitive activities. Mental fatigue can have significant effects on the daily life of healthy people. This study aimed to investigate the effect of eight weeks of relaxation massage on the mental fatigue control and balance, lower extremity function, and landing mechanic in physical education students.

Methods This research is a quasi-experimental study, and the statistical population of this study was physical education students. From the statistical population, 30 male students with Mean±SD age= 19.5±5.5 years, weight= 69.6±6.8 kg, height= 187.75±4.5 cm, and sports history= 2.66±1.3 years. They were selected by purposeful and were randomly divided based on Research and Criteria into two groups: control group (n=15) and relaxation massage group (n=15). Before and after relaxation massage, mental exhaustion with 45 minutes of stroke activity (Stroop test), Dynamic Balance with Y test, Semi-dynamic balance with Lafayette Stability Platform, lower extremity function by the Lower Extremity Functional Test (LEFT) test and landing mechanic by LESS, Jump-landing skill film assessment by Auto CAD and Kinovea software were measured. Data analysis was performed in SPSS v. 22 software by using Statistical method of ANOVA test with repeated measures and paired t-test at the significant level P=0.05.

Results The results showed that a significant difference was observed between the relaxation massage group and the control group on lower limb function, landing mechanics, dynamic balance, and semi-dynamic balance of physical education students (P=0.001).

Conclusion Significant changes in lower limb function factors, landing mechanics, dynamic balance, and semi-dynamic balance in physical education students after relaxation massage exercises indicate the importance of this issue. Injury prevention specialists should study and research in introducing strategies to deal with the occurrence of mental fatigue.

Extended Abstract

1. Introduction

P

hysical activity is an integral part of human life, ranging from normal daily activities to very intense sports activities. Doing a fierce

competition, physiological situations nutritionally and psychologically challenge the athlete. Therefore, among the non-collision mechanisms of injury, Repetition of impact forces in jumps and landings, sometimes up to 10 times the body weight, leads to damage and reduced performance.

*** Corresponding Author:**

Marzieh Givi, MSc.

Address: Department of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sports Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran.

Tel: +98 (912) 5382491

E-Mail: mhaidary2000@yahoo.com

Fatigue is generally defined as a decrease in the ability of muscles to produce the desired force as a result of chain breakage. Events occur from the central nervous system to the muscle fibers. Studies show that fatigue from exercise increases the range of stature fluctuations, decreased ability to maintain balance and impaired profundity, and overall disturbance of neuromuscular balance. Strengthening the effective factors in balance can help improve the balance level of athletes and stimulate the skin's tactile and pressure receptors, muscles, tendons, and joints; it can help enhance the sense of depth and thus the functional stability of the joint.

Massage is an intervention that has been around the world for thousands of years to treat. Rehabilitation and relaxation have been used based on the theoretical model. The four main mechanisms of massage effects are considered, including biomechanical, physiological, neurological, and psychological effects. Therefore, most studies have been done with a therapeutic perspective. The literature reviews studies that examine the impact of Swedish relaxation massage on balance in young people and especially student groups. Therefore, it is scarce and intended for the present study to investigate the effect of eight weeks of relaxation massage on the control of mental fatigue on biomechanical parameters and the incidence of injury in bodybuilding students.

2. Methods

This research is a quasi-experimental study, and the statistical population of this study was physical education students. From the statistical population, 30 male students with Mean $\pm$ SD age= 19.5 $\pm$ 5.5 years, weight= 69.6 $\pm$ 6.8 kg, height= 187.75 $\pm$ 4.5 cm, and sports history= 2.66 $\pm$ 1.3 years. They were selected by purposeful and were randomly divided based on Research and Criteria into two groups: control group (n=15) and relaxation massage group (n=15). For ethical considerations and in accordance with the Helsinki Declaration of Ethical Principles observed in Research, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, Participants are allowed to cancel their participation in the research. Those with a history of surgery or orthopedic problems and any visible abnormalities in the lower and upper limbs, and the absence of more than 3 sessions in exercise were excluded from the study.

After agreeing, the subjects attended the correctional movements laboratory of the university according to the previously announced schedule. After explaining the protocol and the process of familiarity with the tests and the intervention of relaxation massage, they entered the research process. All tests were performed to neutralize the effect of four learning rounds; each test was portrayed as a pre-test.

after that, they received a Stroop test for 45 minutes to apply mental fatigue. They received the first post-test immediately after the onset of fatigue. After that, for eight weeks, the protocol of relaxation massage exercises was performed in a calm environment for the complete concentration of the subjects. After completing the relaxation massage intervention, the second post-test (after receiving the mental fatigue protocol) was performed.

3. Results

The results of ANOVA analysis with repeated measures (3*2) on balance, landing mechanics, lower limb function showed that the spherical assumption was not established ($P=0.001$). Therefore, Greenhouse-Geiser analysis showed that the effect of time was not significant ($d=0.043$, $P>0.05$). Also, the interactive impact of time and groups was not significant ($d=11.0$, $P>0.05$). However, the results of the independent t-test showed that there was a significant difference between the two groups in the post-test ($d=0.001$, $t=-4.29$). At other times there was no significant difference ($P>0.05$) plus the results of paired t-test showed that there was a significant difference between pre-test 2 and post-test in the experimental group ($d=0.006$, $t=-3.25$); however, there was no significant difference in other times ($P>0.05$). Also, there was no significant difference in the control group at different times from pre-test to post-test ($P>0.05$).

4. Discussion and Conclusion

The study aimed to investigate the effect of eight weeks of relaxation massage on students' inhibition of mental fatigue, balance, landing mechanics, and lower limb function. The present study results showed that relaxation massage exercises in comparison with the control group had a significant effect on inhibiting mental fatigue, increasing lower limb function, balance, and improving students' landing mechanics. One of the limitations of the present study is the small number of samples and the unisexuality of the samples.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles are considered in this article.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Authors contributed equally in preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We want to thank and appreciate Razi University Physical Education Administration and the physical education students who have been involved in this study.

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته ماساژ ریلکسیشن بر مهار خستگی ذهنی، تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی در دانشجویان تربیت بدنی

منوچهر حیدری^۱، مرضیه گیوی^۱

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: خستگی ذهنی معمولاً به دنبال فعالیت‌های طولانی مدت شناختی رخ می‌دهد؛ خستگی ذهنی می‌تواند اثرات مهمی بر زندگی روزمره افراد سالم داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثرگذاری ماساژ ریلکسیشن بر مهار خستگی ذهنی، تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی در دانشجویان تربیت بدنی بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی بوده و جامعه آماری آن دانشجویان تربیت بدنی بودند. از بین جامعه آماری ۳۰ دانشجوی میانگین سنی $19/5 \pm 5/5$ سال، وزن $69/6 \pm 6/8$ کیلوگرم، قد $187/7 \pm 4/5$ سانتی‌متر و سابقه ورزشی $2/6 \pm 1/3$ سال، به طور غیر تصادفی و هدفمند بر اساس معیارهای تحقیق انتخاب شده و به صورت تصادفی به دو گروه ماساژ ریلکسیشن ($n=15$) و کنترل ($n=15$) تقسیم شدند. خستگی ذهنی با ۴۵ دقیقه فعالیت شناختی اعمال شد. قبل از خستگی ذهنی و پس از هشت هفته تمرینات ماساژ ریلکسیشن، تعادل پویا با آزمون Y، تعادل نیمه‌پویا با دستگاه Lafayette Stability Platform، عملکرد اندام تحتانی با آزمون عملکرد اندام تحتانی، مکانیک فرود با ابزار سیستم امتیازدهی خطای فرود و فیلم مهارت پرش فرود با نرم‌افزار کاینوا ارزیابی شدند. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ با استفاده از آزمون آنوا با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تی زوجی در سطح معناداری $P=0/05$ انجام شد.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده، بین گروه ماساژ ریلکسیشن و گروه کنترل از نظر عملکرد اندام تحتانی، مکانیک فرود، تعادل پویا و تعادل نیمه‌پویا، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P=0/01$).

نتیجه‌گیری: تغییر معنی‌دار فاکتورهای عملکرد اندام تحتانی، مکانیک فرود، تعادل پویا و تعادل نیمه‌پویا در دانشجویان تربیت بدنی پس از تمرینات ماساژ ریلکسیشن حاکی از اهمیت پرداختن به این مسئله است و متخصصین پیشگیری از آسیب می‌بایست در معرفی راهکارهای مقابله با وقوع خستگی ذهنی، به مطالعه و تحقیق بپردازند.

تاریخ دریافت: ۱۶ بهمن ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۰۴ اسفند ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

ماساژ ریلکسیشن، خستگی ذهنی، عملکرد اندام تحتانی، مکانیک فرود، تعادل

مقدمه

می‌کنند، می‌توان انتظار داشت که میزان آسیب‌های ورزشی نیز افزایش یابد و با وجود توجهات، آمار و ارقام نشان‌دهنده بروز آسیب‌های زیادی در میدان‌ها و سالن‌های ورزشی هستند. مسلم است که آسیب‌های ورزشی نمی‌توانند به طور کامل حذف شوند، اما ارزیابی مداوم و حرفه‌ای الگوهای آسیب، سالانه می‌تواند تمرکز بر توسعه و ارزیابی راهبردهای پیشگیری از آسیب‌دیدگی ورزشکاران را فراهم کند [۲، ۳].

گزارش شده است که طی مسابقه والیبال، حرکت فرود با ۶۳ درصد از کل آسیب‌های ثبت شده و ۶۱ درصد از آسیب‌های زانو مرتبط است [۴]، به همین خاطر از میان مکانیسم‌های غیربرخوردی آسیب، فرود تک پا توجهات زیادی را به خود جلب کرده است [۵].

فعالیت بدنی بخش جدایی‌ناپذیر از زندگی انسان است که دامنه وسیعی از فعالیت‌های عادی روزانه تا فعالیت‌های بسیار شدید ورزشی را دربر می‌گیرد. انجام یک مسابقه یا رقابت شدید موقعیت‌های فیزیولوژیک، تغذیه‌ای و روانی ورزشکار را به چالش می‌کشد [۱]. بروز حوادث و آسیب در ورزش‌های مختلف امری اجتناب‌ناپذیر است و ورزشکاران همواره در معرض مجموعه‌ای از خطرهای بالقوه قرار دارند. همچنین خطر ذاتی آسیب به دلیل شرکت در فعالیت ورزشی، با ماهیت رشته ورزشی ارتباط نزدیکی دارد. با توجه به جمعیت فراوانی که در چنین فعالیت‌هایی شرکت

* نویسنده مسئول:

مرضیه گیوی

نشانی: کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۰۹۸ (۹۱۲) ۵۳۸۲۴۹۱

رایانامه: mhaidary2000@yahoo.com

منظور محقق خستگی ذهنی را مورد مطالعه و بررسی قرار داد.

خستگی ذهنی یک پدیده بسیار معمول در زندگی روزمره مدرن است. در چند دهه گذشته، کار تا حد زیادی از حالت فیزیکی به ذهنی گرایشی تغییر کرده است [۱۴]. مطالعات نشان می‌دهند خستگی ناشی از تمرین سبب افزایش دامنه نوسانات قامت، کاهش توانایی حفظ تعادل و اختلال حس عمقی و در کل به هم خوردن تعادل عصبی عضلانی می‌شود [۱۵، ۱۶]. در نتیجه به نظر می‌رسد با بروز خستگی در عضلات به‌ویژه اندام تحتانی و تغییرات ایجاد شده در فعالیت عضلات، توانایی تولید و پاسخ عضلانی مناسب برای حفظ تعادل و کنترل قامت کاهش یابد که می‌تواند به بی‌ثباتی و کاهش تعادل با خستگی هنگام فعالیت‌های بدنی و افزایش احتمال آسیب منجر شود. در تحقیقات گذشته برای اعمال خستگی از پروتکل‌های گوناگونی چون پروتکل خستگی عضلانی موضعی، پروتکل خستگی ایزو کنتیک و پروتکل خستگی عملکردی استفاده شده است. پروتکل خستگی عملکردی برعکس دو پروتکل دیگر با اجرای حرکات در زنجیره حرکتی باز و بسته که شباهت بسیاری به حرکات ورزشی و احساس خستگی ورزشکار در طول مسابقه دارد، در مقایسه با سایر روش‌ها، اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته است [۱۶]. در حال حاضر اثبات شده است که خستگی ذهنی، عملکرد شناختی مانند توجه و برنامه‌ریزی را مختل می‌کند. به نظر می‌رسد اثرات آن بر عملکرد حرکتی بستگی به نوع فعالیت بدنی دارد. به عنوان مثال مطالعات قبلی نشان دادند عملکرد استقامتی زمانی که افراد به لحاظ ذهنی خسته بودند، کاهش یافت. خستگی ذهنی هیچ‌گونه تغییری را در پارامترهای عصبی عضلانی و قلبی تنفسی ایجاد نمی‌کند، اما ادراک ذهنی از کوشش را افزایش می‌دهد، در نتیجه زمان برای ناتوانی در تکلیف کاهش می‌یابد. در مقابل، خستگی ذهنی بر ظرفیت نیروی تولیدی تأثیر نمی‌گذارد [۱۷]. یکی از مشاهدات اغلب گزارش شده در مورد اثرات خستگی ذهنی این بود که افراد بعد از خستگی ذهنی، هنوز قادر به انجام تکلیف ساده و خودکار هستند، ولی در تکالیف پیچیده اختلال ایجاد می‌شود [۱۸]. موضوع بسیار مهمی که ورزشکاران با آن مواجه هستند، محدود بودن زمان بین فعالیت برای ریکواری فیزیولوژیکی و برگشت عضله به حالت قبل از فعالیت است. این مسئله در فعالیت‌های شدید موجب افزایش خستگی و آفت عملکرد می‌شود [۱۹].

در این میان یکی از پرتعدادترین روش‌های طب مکمل، ماساژدرمانی است و در میان درمان‌های مکمل، از نظر میزان استفاده توسط بیماران در رتبه سوم قرار دارد [۲۰]. ماساژ از رایج‌ترین درمان‌های طب مکمل است که اجرای آن آسان، بی‌خطر، غیرتهاجمی و نسبتاً ارزان است [۲۱].

تقویت عوامل مؤثر در تعادل می‌تواند در بهبود سطح تعادل ورزشکاران مؤثر باشد و نیز تحریک گیرنده‌های لمس و فشاری پوست، عضلات، تاندون‌ها و مفاصل می‌تواند به بهبود حس

تکرار نیروهای برخوردی در پرش و فرودها که گاهی تاده برابر وزن بدن هستند، منجر به بروز آسیب و کاهش عملکرد می‌شود [۶]. بنابراین توانایی کنترل و جذب کافی این نیروها در طی فعالیت‌های پویا و عملکردی، کلید ارتقای عملکرد و پیشگیری از آسیب است. از عوامل کینتیکی تأثیرگذار در آسیب‌های اندام تحتانی به‌ویژه آسیب رباط صلیبی قدامی، می‌توان به نیروی عکس‌العمل زمین^۱، نرخ بارگذاری نیرو^۲ و زمان رسیدن به تعادل^۳ اشاره کرد. بزرگی و الگوی وارد شدن نیروهای عکس‌العمل زمین از جمله فاکتورهای پیش‌بین در آسیب‌های ورزشی و یک مکانیسم بارگذاری اولیه برای آسیب رباط صلیبی قدامی به شمار می‌روند [۸، ۷]. از این رو کاهش نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام فرود در کاهش ریسک آسیب رباط صلیبی قدامی حائز اهمیت است. با توجه به اینکه رباط صلیبی قدامی باعث کنترل حرکت زانو در هر سه صفحه حرکتی می‌شود، سنجش زمان رسیدن به تعادل که نشان‌دهنده میزان تعادل پویای ورزشکار است و نیاز به ثبات و کنترل چندصفحه‌ای دارد، برای شناسایی الگوهای حرکتی که ممکن است منجر به صدمات رباط صلیبی قدامی شود، مناسب است [۹]. همچنین نرخ بارگذاری نیرو اندازه‌ای از مقدار استرس وارد شده به بافت‌ها را نشان می‌دهد که افزایش مقدار آن بیانگر توانایی کم جذب شوک و اعمال فشار بالا بر اندام تحتانی در زمان کوتاه است [۱۰]. مدل‌های زیادی برای خستگی ارائه شده است؛ مانند مدل قلبی عروقی بی‌هوازی، مدل تولید انرژی تخلیه انرژی، مدل خستگی عصبی عضلانی، مدل خستگی آسیب عضله، مدل محور مرکزی (مغز)، مدل پیچیده سیستمی از خستگی، مدل انگیزشی روانی و غیره که این مدل‌ها نشان‌دهنده سیستم‌های متعدد بدنی هستند که ممکن است تحت تأثیر خستگی قرار گیرند [۱۱].

خستگی در اثر تحمل انقباضی پیوسته به وجود می‌آید و با علائمی مانند کاهش نیرو، لرزش و درد موضعی مشخص می‌شود. کاهش تولید نیرو، نقص در ثبات پوسچرال، کاهش دقت و سرعت پاسخ‌های حرکتی، کاهش کنترل سرعت و شتاب اندام‌ها و مستعد کردن بدن برای آسیب دیدگی، از پیامدهای خستگی هستند. احتمالاً خستگی از طریق این سازوکارها به همراه اختلال در هماهنگی عضلانی موجب نقصان عملکرد نیز می‌شود [۱۲]. از این رو به تعویق انداختن خستگی در طول فعالیت اهمیت بسیاری دارد. بسیاری از مربیان و ورزشکاران عقیده دارند که فعالیت‌های پیش از تمرین مانند گرم کردن، کشش و ماساژ می‌تواند مزایایی برای عملکرد، پیشگیری از آسیب و به تعویق انداختن خستگی در پی داشته باشد. برخی از محققان افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی و هم‌زمانی فعال‌سازی واحدهای حرکتی و برخی دیگر عواملی همچون سرعت هدایت در طول غشاء، نرخ آتشاری و تغییر شکل پتانسیل عمل واحدهای حرکتی را از دلایل اصلی این تغییرات بیان کرده‌اند [۱۳]. به همین

1. Ground reaction force
2. Rate of loading
3. Time to stabilization

در مهار خستگی نپرداخته است. همان طور که مشاهده می شود مطالعات انجام شده بیشتر با دیدگاه درمانی و روی تعادل افراد صورت گرفته و عنوان داشته اند که ماساژ با بهبود گردش خون و تحریک گیرنده های مکانیکی باعث بهبود تعادل در این افراد شده است. در بررسی ادبیات پیشینه، مطالعاتی که به بررسی تأثیرگذاری ماساژ ریلکسیشن سوئدی بر تعادل در افراد جوان و علی الخصوص گروه های دانشجویان بپردازند بسیار کم به چشم می خورد. از این رو مطالعه حاضر در نظر دارد تأثیر هشت هفته ماساژ ریلکسیشن در کنترل خستگی ذهنی بر پارامترهای بیومکانیکی و بروز آسیب دیدگی در دانشجویان تربیت بدنی را بررسی نماید. بنابراین فرض بر این است که تمرینات ماساژ ریلکسیشن باعث مهار خستگی ذهنی، بهبود تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی می شوند.

مواد و روش ها

این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون است. جامعه آماری این تحقیق را دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه رازی تشکیل دادند که از بین این افراد ۳۰ نفر دانشجوی تربیت بدنی، با داشتن سابقه حداقل یک سال فعالیت ورزشی به صورت غیر تصادفی در دسترس به عنوان نمونه تحقیق انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه تمرینات ماساژ ریلکسیشن (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. همچنین آزمودنی ها از نظر ویژگی های جمعیت شناختی و فعالیت های ورزشی تخصصی با میانگین سن $19/5 \pm 5/5$ سال، وزن $69/6 \pm 6/8$ کیلوگرم، قد $187/7 \pm 4/5$ سانتی متر و سابقه ورزشی $2/6 \pm 1/3$ سال همگن بودند. به منظور رعایت ملاحظات اخلاقی و بر اساس بیانیه هلسینکی، تمام مراحل پژوهش به اطلاع آزمودنی ها رسانده شد و سپس رضایت نامه آگاهانه به صورت کتبی برای حضور در پژوهش دریافت شد. تمام آزمودنی ها پرسش نامه ارزیابی پزشکی را تکمیل کردند و کسانی که سابقه جراحی یا مشکلات ارتوپدیک و هرگونه ناهنجاری قابل مشاهده در اندام تحتانی و فوقانی و غیبت بیش از سه جلسه در تمرینات داشتند از پژوهش خارج شدند.

آزمودنی ها پس از موافقت برای شرکت در تحقیق، مطابق برنامه اعلام شده از قبل، در آزمایشگاه حرکات اصلاحی دانشگاه حضور یافتند و پس از تشریح پروتکل و فرایند آشنایی با تست ها و مداخله ماساژ ریلکسیشن در فرایند تحقیق وارد شدند؛ به گونه ای که هر نفر پس از ورود به آزمایشگاه با تکمیل فرم رضایت نامه آگاهانه، تمام تست های مورد مطالعه را جهت خنثی نمودن اثر یادگیری چهار دور اجرا می کرد، سپس تک تک تست های مطالعه را به عنوان مرحله پیش آزمون اجرا می نمود. پس از آن، ۴۵ دقیقه تست استروپ را برای اعمال خستگی ذهنی دریافت می کرد و بلافاصله پس از اظهار وقوع خستگی، پس آزمون اول دریافت می شد. بعد از آن به مدت هشت هفته، پروتکل تمرینات ماساژ ریلکسیشن در محیطی آرام برای تمرکز کامل آزمودنی ها اجرا

عمقی و در نتیجه به ثبات عملکردی مفصل کمک کند [۲۲]. این تحریکات می توانند به صورت مختلف مانند اعمال سرما، بی حس کردن، تحریک ناحیه پنجه پا، وایبریشن^۴ (لرزاندن) عضلات زانو و مچ پا و ماساژ باشند [۲۵-۲۳].

ماساژ مداخله ای است که هزاران سال است در سراسر دنیا برای درمان، توان بخشی و ریلکسیشن کاربرد داشته است. بر اساس مدل تئوریکال، چهار مکانیسم اصلی تأثیرات ماساژ شامل تأثیرات بیومکانیکی، فیزیولوژیکی، عصبی و روانی را در نظر گرفته اند [۲۶]. همچنین نشان داده شده است که ماساژ ناحیه پا، تحریک مکانیکی پاها و به طور کلی مانیپولاسیون (دستکاری) اطلاعات سیستم سوماتوسنسوری، با تحریک پوست، عضلات، تاندون ها، گیرنده های مفصل و در مجموع آوران های حسی، روی روند کنترل وضعیت و تعادل مؤثر است [۲۷]. شواهد بالینی وجود دارد که از تأثیر ماساژ بر بهبود تعادل حمایت می کند. ماساژ به دلیل تغییر در فعالیت سیستم عصبی، اضطراب و عواملی که ذهن را با بدن مرتبط می کند، می تواند باعث افزایش کنترل بیشتر فرد روی حرکات بدنی خود شود [۲۸]. در همین راستا ویالنت و همکاران تأثیر آبی مثبت ماساژ و موبیلیزیشن^۵ ناحیه پا و مچ پا روی تعادل سالمندان را عنوان کرده اند [۲۹]. در تحقیق دیگری چانگ و همکاران، تأثیر تحریکات وایبریشن مفاصل اندام تحتانی در وضعیت ایستاده بر تعادل سالمندان را بررسی نمودند و تأثیرگذاری مثبت مداخلات را اثبات کردند [۳۰].

پوربرزرگ و همکاران نشان دادند اعمال ماساژ باعث کاهش معنی دار خطای بازسازی زاویه در مفصل زانو، مچ پا، پلانتر فلکشن و دورسی فلکشن و بهبود حس عمقی و متعاقب آن کاهش بروز و پیشگیری از آسیب در ورزشکاران شده است [۲۲]. همچنین برنارد و همکاران تأثیر ۱۰ دقیقه ماساژ کف پا را روی افراد جوان بررسی کردند و دریافتند که بعد از اعمال ماساژ، میزان جابه جایی مرکز ثقل روی صفحه نیرو نسبت به قبل از آن کاهش می یابد [۳۱]. همچنین عنوان شده است که ماساژ قبل از مسابقه می تواند عملکرد ورزشکاران را افزایش دهد و باعث بالا بردن کارایی مکانیکی در بدن ورزشکاران شود و به این ترتیب می تواند برای آماده سازی ورزشکاران برای رقابت مفید باشد [۳۲]. از طرفی افزایش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز همراه با ماساژ شدید کل بدن نیز گزارش شده که نشان دهنده آسیب های اندک مکانیکی و افزایش فعالیت غشای سلولی است [۳۳].

با توجه به شیوع گسترده آسیب های اندام تحتانی به خصوص در دانشجویان تربیت بدنی به دلیل خستگی ذهنی ناشی از فعالیت ها و به دنبال آن فعالیت عملی در رشته های ورزشی مختلف همچون دومیدانی که پرش و فرود زیادی در آن وجود دارد، تا کنون مطالعه ای به بررسی اثربخشی مداخله ذهنی ماساژ

4. Vibration
5. Mobilization

شد. به دنبال اتمام مداخله ماساژ ریلکسیشن، پس از آزمون دوم (پس از دریافت پروتکل خستگی ذهنی) به عمل آمد.

پروتکل خستگی ذهنی

بعد از آشنایی آزمودنی‌ها با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش و آموزش نکات عمده و ضروری درباره نحوه اجرای پروتکل خستگی ذهنی، آزمودنی‌ها ۴۵ دقیقه به انجام یک فعالیت شناختی شامل فعالیت کامپیوتری کلمات رنگی استروپ پرداختند. به این صورت که چهار کلمه (قرمز، آبی، سبز و زرد) روی مانیتور با پس زمینه خاکستری به صورت همزمان نشان داده می‌شد و سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد که یکی از چهار کلید مشخص شده روی کیبورد کامپیوتر را که مطابق با رنگ کلمه نشان داده شده است به جای معنی آن فشار دهد. برای افزایش دشواری فعالیت، زمانی که کلمه قرمز نشان داده می‌شد آزمودنی باید کلید مرتبط با معنی آن را فشار می‌داد. ۵۰ درصد این آزمون به صورت مطابقت دادن رنگ با کلمه و ۵۰ درصد دیگر آن مرتبط با معنی کلمات بود. بعد از هر کلمه به مدت ۱۰۰۰ میلی ثانیه پس از نمایان شدن، یک صفحه سیاه رنگ نشان داده می‌شد و پس از ۱۰۰۰ میلی ثانیه کلمه بعدی ظاهر می‌شد. به همین ترتیب کلمه جدید در هر ۱۰۰۰ میلی ثانیه ارائه می‌شد و در مجموع در طول کل پروتکل ۹۰۰ محرک ارائه شد. در پاسخ‌های نادرست یا عدم پاسخ (بیشتر از ۱۵۰۰ میلی ثانیه) صدای بوق به آزمودنی هشدار می‌داد تا به عنوان یک محرک باعث شود آزمودنی‌ها سریع‌تر و با دقت بیشتری عمل کنند. به منظور افزایش انگیزه، برای آزمودنی‌هایی که سریع‌تر، دقیق‌تر و با موفقیت مراحل را پشت سر می‌گذاشتند، در صورت امکان نسبت به دیگر آزمودنی‌ها در طول ۴۵ دقیقه فعالیت، کلمات بیشتری ارائه می‌شد [۳۴].

سیستم نمره دهی خطای فرود^۶

آزمون امتیازدهی خطای فرود ۱۷ آیتم دارد. یک مجموعه از این سؤالات درباره وضعیت اندام تحتانی و تنه در لحظه اولین برخورد با زمین است (آیتم‌های ۱ تا ۶). مجموعه دیگر، به ارزیابی خطاهای موجود در وضعیت پا پرداخته (آیتم‌های ۷ تا ۱۱) و در لحظه اولین برخورد با زمین (آیتم ۱۱)، لحظه‌ای که تمام کف پا در تماس با زمین است (آیتم‌های ۷ و ۸) و در بین زمان اولین برخورد و حداکثر زاویه فلکشن زانو (آیتم‌های ۹ و ۱۰) به بررسی این خطاها می‌پردازد. مجموعه سوم، حرکات اندام تحتانی و تنه را در بین زمان‌های اولین برخورد با زمین و حداکثر زاویه فلکشن زانو (آیتم‌های ۱۴ و ۱۲) یا زمان حداکثر والگوس زانو (آیتم ۱۵) ارزیابی می‌کند. امتیاز نهایی برای هر فرود، از مجموع امتیازات تمام آیتم‌ها (صفر تا ۱۵) محاسبه می‌شد، به طوری که امتیازات بیشتر (خطاهای بیشتر) نشان‌دهنده تکنیک‌های فرود خطرناک‌تر بود.

البته دو آیتم ۱۶ و ۱۷ به علت هم‌راستا نبودن با دیگر آیتم‌ها و به دلیل کلی بودن، در زمان تجزیه و تحلیل آماری حذف شدند [۳۵]. در انتها میانگین امتیازات ۳ پرس به منزله امتیاز نهایی برای هر فرد ثبت شد. پس از اجرای این روش درباره آزمون امتیازدهی خطای فرود، ۵ گروه از خطاهای مرتبط شناسایی شد (۱۲): عامل ۱) کاهش فلکشن تنه، ران و زانو در صفحه ساجیتال و در لحظه اولین برخورد با زمین (آیتم‌های ۳، ۲ و ۱)؛ عامل ۲) والگوس زانو و عریض بودن سطح تکیه در لحظه اولین برخورد با زمین (آیتم‌های ۵، ۱۵ و ۷)؛ عامل ۳) چرخش پا به خارج و خم شدن زانو در لحظه اولین برخورد با زمین (آیتم‌های ۱۰ و ۱)؛ عامل ۴) فرود با پاشنه پا و برخورد نامتقارن پا با زمین (آیتم‌های ۴ و ۱۱)؛ و عامل ۵) کمبود فلکشن تنه، ران و زانو در صفحه ساجیتال روی سطح تکیه (آیتم‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴). امتیازدهی به تک تک آیتم‌ها به این صورت بود که به حرکت صحیح عدد صفر و به حرکت غلط عدد ۱ تعلق می‌گرفت و در پایان، میانگین نمره‌های هر ۳ تلاش برای هر حرکت ثبت می‌شد. پایایی پرسش‌نامه مذکور ۰/۷۲-۰/۸۱ گزارش شده است [۳۶]. علاوه بر ارزیابی مکانیک فرود توسط پرسشنامه سیستم نمره دهی خطای فرود-زمان واقعی، زوایای ارزیابی شده در پرسش‌نامه، همچنین با استخراج فریم‌های مورد نظر از مهارت پرس - فرود با نرم افزار کاینوا (نسخه ۸/۱۵) و تعیین زوایای مورد نظر با استفاده از نرم افزار اتوکد (نسخه ۲۰۱۹) در دو نمای ساجیتال و فرونتال ارزیابی شد.

تست عملکرد اندام تحتانی

تست شامل هشت مرحله تمرین چابکی روی یک مسیر لوزی شکل است. در حقیقت این تست برای ارزیابی میزان توانایی ورزشکاران برای برگشت به ورزش پس از وقوع آسیب استفاده می‌شده، اما اخیراً برای ارزیابی میزان وقوع آسیب در جمعیت‌های ورزشکار هم مورد استفاده قرار گرفته است. قبل از شروع به کار، ورزشکاران حداقل ۵ دقیقه به گرم کردن پرداختند. در این تست جهت شمال جنوب ۹/۱۴ متر و جهت شرق غرب ۳/۵ متر بود و مثلث‌ها به وسیله نوار چسب در انتهای محورها ساخته شدند. سپس مراحل تست به این شکل انجام گرفت: ورزشکار برای شروع در مثلث جنوبی قرار گرفت و به ترتیب دویدن به سمت جلو عقب جانبی، دویدن به شکل ۸، دویدن دور تمام نوار چسب‌های مثلثی، دویدن دور مثلث ابتدایی به صورت پا به خارج، دویدن دور مثلث ابتدایی به صورت پا به داخل، دویدن به سمت جلو و دویدن به سمت عقب انجام شد (تصویر شماره ۱). در نهایت زمان انجام تست با کرومومتر^۷ ثبت می‌شد. پایایی تست بین ۹۵ تا ۹۷ درصد گزارش شده است [۳۷].

طب توانبخشی

تصویر ۱. تست عملکرد اندام تحتانی

تجزیه و تحلیل آماری

جهت توصیف داده‌ها و رسم نمودارها از آمار توصیفی و برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش‌های آماری تحلیل واریانس در اندازه‌های تکراری با طرح (دو در سه) (گروه در زمان) استفاده شد. کلیه بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در **جدول شماره ۱** ارائه شده است. نرمال بودن داده‌ها که توسط آزمون شاپیرو ویلک انجام گرفت، معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد آزمودنی‌های دو گروه در هیچ‌یک از متغیرهای آنترنومتریکی اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0/05$) (**جدول شماره ۲**).

طب توانبخشی

تصویر ۳. نحوه اندازه‌گیری تست تعادل به وسیله پلت فورم ناپایدار

تعادل پویا (Y-test)

از دستگاه تست تعادلی Y (پایایی درون گروهی در جهت قدمی ۰/۸۹، خلفی داخلی ۰/۹۳، خلفی خارجی ۰/۹۱) جهت ارزیابی کنترل وضعیت قامت پویا استفاده شد. در این آزمون فرد با پای برتر وسط وای (زاویه بین بازوها ۹۰ و ۱۳۵) می‌ایستد [۳۸] (**تصویر شماره ۲**). و اگر پای راست برتر بود، آزمون را خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ برتر بود در جهت عقربه‌های ساعت عمل رسیدن و لمس بازوها را انجام می‌دهد. خطاهای تست که منجر به تکرار تست می‌شد: (۱) لمس زمین با پای که عمل رسیدن را انجام می‌دهد؛ (۲) لمس زمین با دست؛ (۳) تحمل وزن هنگام لمس. هر آزمودنی سه بار تست را انجام می‌داد و نمرات تعادل که بر اساس طول پا (فاصله بین خار خاصه‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در وضعیت خوابیده به پشت) نرمال می‌شد، با استفاده از فرمول زیر به دست آمد [۳۹].

نمره تعادل پویا = مسافت طی شده از سه جهت / طول پا $\times 100$

ارزیابی تعادل نیمه پویا

تعادل نیمه پویا در این مطالعه توسط دستگاه Stability plat-form 1630 (Lafayette Instrument Company, Loughborough, Leics., LE12 7TJ. U.K.) ارزیابی شد. آزمودنی ابتدا یک دقیقه به صورت آزمایشی جهت آشناسازی با نحوه انجام تست و تخته تعادل روی پلتفرم دستگاه قرار گرفت. میزان انحراف صفحه تعادل به طرفین (شیب پلتفرم به طرفین) حداکثر ۱۵ درجه است؛ لیکن تعادل آزمودنی، با قرار گرفتن پلتفرم ناپایدار در دامنه ± 3 درجه، توسط آزمودنی لحاظ می‌شد و زمان سنج شروع به شمارش می‌کرد. آزمودنی سه مرتبه و هربار به مدت ۳۰ ثانیه روی صفحه تعادل قرار گرفت. قبل و حین آزمون هیچ دستورالعمل یا بازخورد کلامی به آزمودنی داده نشد [۴۰] (**تصویر شماره ۳**).

طب توانبخشی

تصویر ۲. نحوه اندازه‌گیری تست تعادل پویا Y

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های تحقیق (n=۱۵ در هر گروه)

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد		مقدار F	سطح معنی‌داری
	ماساژ	کنترل		
سن (سال)	۱۹ $\pm$ ۵	۱۹/۱ $\pm$ ۶	۰/۹۸۶	۰/۴۸۱
قد (سانتی‌متر)	۱۸۸/۵ $\pm$ ۴	۱۸۷ $\pm$ ۵	۰/۴۵۲	۰/۷۴۲
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۹ $\pm$ ۶/۶	۶۹/۳ $\pm$ ۷/۷	۰/۱۲۴	۰/۷۸۴
سابقه ورزشی (سال)	۲/۴ $\pm$ ۱/۴	۲/۹ $\pm$ ۱/۲	۰/۷۳۱	۰/۴۵۸

طبتوانبخش

از پیش‌آزمون ۱ تا پیش‌آزمون ۲ (و پس‌آزمون) تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($t=3/34$, $P=0/10$). در گروه تجربی نیز بین زمان‌های پیش‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون ۲ ($t=3/12$, $P=0/008$) و بین پیش‌آزمون ۲ و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($t=-2/68$, $P=0/019$)، اما در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0/05$) (تصویر شماره ۵).

نتایج تحلیل آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری (3×2) در مورد تعادل پویا نشان داد فرض کرویت برقرار نیست ($P=0/001$). بنابراین تجزیه و تحلیل گرین‌هاوس گیسر نشان داد که اثر زمان معنی‌دار نبوده است ($d=0/43$, $P>0/05$). همچنین اثر تعاملی زمان و گروه‌ها نیز معنی‌دار نبود ($d=0/11$, $P>0/05$)، اما نتایج تی مستقل نشان داد تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در پس‌آزمون وجود دارد ($t=-4/29$, $P=0/001$) و در سایر زمان‌ها تفاوت، معنی‌دار نبود ($P>0/05$). براساس نتایج تی زوجی در گروه تجربی بین پیش‌آزمون ۲ و پس‌آزمون تفاوت معنی‌دار بود ($P=0/006$ ، $t=-3/25$)؛ اما در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0/05$)؛ در گروه کنترل در زمان‌های مختلف از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری گزارش نشد ($P>0/05$) (تصویر شماره ۶).

نتایج تحلیل آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری (3×2) در مورد عملکرد اندام تحتانی نشان داد فرض کرویت برقرار نیست ($P=0/001$). بنابراین تجزیه و تحلیل گرین‌هاوس گیسر نشان داد که اثر زمان معنی‌دار نیست ($d=0/07$, $P>0/05$). همچنین اثر تعاملی زمان و گروه‌ها نیز معنی‌دار نبود ($d=0/24$, $P>0/05$). در ادامه، نتایج تی مستقل نشان داد تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در پس‌آزمون وجود ندارد ($P>0/05$). علاوه بر این، بر اساس نتایج تی زوجی، در هر دو گروه کنترل و تجربی در زمان‌های مختلف از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$) (تصویر شماره ۴).

نتایج تحلیل آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری (3×2) در مورد تعادل نیمه‌پویا نشان داد فرض کرویت برقرار است ($P>0/05$). بنابراین تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر زمان ($P<0/001$)، $d=0/30$ و اثر تعاملی زمان و گروه‌ها نیز معنی‌دار بوده است ($d=0/13$, $P=0/026$). در ادامه، نتایج تی مستقل نشان داد تنها در پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود دارد ($t=-3/89$, $P=0/008$) و در سایر زمان‌ها تفاوت، معنی‌دار نیست ($P>0/05$). به علاوه، بر اساس نتایج تی زوجی، در گروه کنترل

جدول ۲. نتایج آزمون آنوا در اندازه‌های تکراری برای مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه بین گروه‌های پژوهش

متغیر	گروه	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد			سطح معنی‌داری	
		پیش‌آزمون	پیش‌آزمون ۱	پیش‌آزمون ۲	زمان	زمان $\times$ گروه
عملکرد اندام تحتانی	ماساژ	۱۱۴/۲۱ $\pm$ ۲/۲۶	۱۲۵/۶۸ $\pm$ ۲/۸۸	۱۱۹/۱۳ $\pm$ ۱/۲۵	$>0/05^*$	$>0/05^*$
	کنترل	۱۱۵/۰۹ $\pm$ ۱/۹۲	۱۲۶/۵۵ $\pm$ ۱/۳۸	۱۲۶/۵۵ $\pm$ ۱/۹۵	$>0/05^*$	$>0/05^*$
تعادل نیمه‌پویا	ماساژ	۲۶/۲۳ $\pm$ ۱/۴۶	۱۹/۴۸ $\pm$ ۱/۸۵	۲۶/۳۰ $\pm$ ۱/۸۶	$<0/001^*$	$0/026^*$
	کنترل	۲۵/۹۳ $\pm$ ۲/۹۶	۱۸/۲۲ $\pm$ ۲/۴۴	۱۸/۲۵ $\pm$ ۲/۴۴	$<0/001^*$	$0/026^*$
تعادل پویا	ماساژ	۲۹۱/۶۹ $\pm$ ۱/۳۷	۲۸۱/۲۷ $\pm$ ۲/۱۷	۳۰۷/۷۲ $\pm$ ۱/۱۴	$>0/05^*$	$>0/05^*$
	کنترل	۲۹۰/۹۴ $\pm$ ۱/۹۷	۲۷۵/۱۴ $\pm$ ۲/۵۳	۲۷۵/۰۴ $\pm$ ۲/۵۲	$>0/05^*$	$>0/05^*$
مکانیک فرود	ماساژ	۶/۴۲ $\pm$ ۲/۱۴	۶/۹۲ $\pm$ ۲/۲۶	۴/۵ $\pm$ ۱/۹۵	$0/05^*$	$0/033^*$
	کنترل	۵/۷۱ $\pm$ ۲/۰۴	۶/۴۵ $\pm$ ۱/۳۹	۶/۴۲ $\pm$ ۱/۲۵	$0/05^*$	$0/033^*$

* $P<0/05$

طبتوانبخش

تصویر ۴. عملکرد اندام تحتانی در گروه‌های کنترل و تجربی در مراحل مختلف تفاوت معنی‌داری گزارش نشد.

طب توانبخشی

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته ماساژ ریلکسیشن بر مهار خستگی ذهنی، بهبود تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی در دانشجویان بود. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان داد تمرینات ماساژ ریلکسیشن در مقایسه با گروه کنترل در مهار خستگی ذهنی، افزایش عملکرد اندام تحتانی، تعادل و بهبود مکانیک فرود دانشجویان تأثیر معنی‌داری داشته است؛ بدین معنی که خستگی ذهنی بر تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی اثرگذار بوده و با ایجاد خستگی ذهنی در آزمودنی، سازگاری دستگاه‌های عصبی، شناختی و تعدیل سیستم عصبی خودکار دچار اختلال می‌شود. با توجه به اظهارات محققان پیشین می‌توان دلایلی مانند کاهش کارایی سیستم مؤثر به دلیل خستگی عضلانی (در اثر تجمع متابولیت‌ها و تغییرات در اطلاعات حس عمقی) [۴۱]. کاهش فعالیت گیرنده‌های مفصلی، دوک‌های عضلانی و اندام‌های وتری گلژی در اثر خستگی و در نتیجه کاهش پاسخ عضلانی و واکنش‌های عضلانی مسئول

نتایج تحلیل آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری (۳×۲) در مورد مکانیک فرود نشان داد فرض کرویت برقرار نیست ($P=0/003$). بنابراین تجزیه و تحلیل گرین‌هاوس گیسر نشان داد که اثر زمان معنی‌دار نیست ($P>0/05$)، اما اثر تعاملی زمان و گروه‌ها معنی‌دار بود ($d=0/135$, $P=0/037$). در ادامه، نتایج تی مستقل نشان داد تنها در پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود دارد ($t=2/89$, $P=0/008$) و در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0/05$). براساس نتایج تی زوجی، در گروه کنترل در زمان‌های مختلف از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). در گروه تجربی نیز بین پیش‌آزمون ۱ و پس‌آزمون ($t=3/720$, $P=0/003$) و بین پیش‌آزمون ۲ و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($t=3/54$, $P=0/004$) و در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0/05$) (تصویر شماره ۷).

تصویر ۵. تعادل نیمه‌پویا در گروه‌های کنترل و تجربی در مراحل مختلف

طب توانبخشی

طب توانبخشی

تصویر ۶. تعادل پویا در گروه‌های کنترل و تجربی در مراحل مختلف
 * تفاوت معنی‌دار در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تجربی گزارش شد ($P=0/008$)؛
 + تفاوت معنی‌دار بین پیش‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون ۲ (و پس‌آزمون) ($P=0/010$)؛
 ++ تفاوت معنی‌دار بین پیش‌آزمون ۱ و دوم ($P=0/008$) و بین پیش‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ($P=0/019$)؛
 تفاوت معنی‌دار در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تجربی گزارش شد ($P=0/006$).

حرکتی و حتی خستگی عضلانی نیز اثر بگذارد. از طرفی مطالعات انجام‌شده حاکی از آن است که خستگی سبب افت عملکرد اندام تحتانی، تعادل پویا و حس عمقی مفصل نیز می‌شود که همه این موارد در پیش‌بینی بروز آسیب‌های اندام تحتانی نقش مؤثری دارند.

در پیشینه تحقیق، ماساژ اثرات مثبتی بر شاخص‌های خستگی ادراک‌شده نیز دارد که می‌تواند توجیه خوبی برای استفاده از آن توسط ورزشکاران باشد. اعمال ماساژ می‌تواند با تحریک گیرنده‌های پوستی، گیرنده‌های مفصلی و دوک‌های عضلانی به بهبود فعالیت این گیرنده‌ها منجر شده و از این طریق باعث بهبود حس عمقی افراد شود [۴۴]. در همین راستا تودنم و همکاران نیز بیان داشته‌اند که انجام ۱۵ دقیقه ماساژ بر روی عضلات ناحیه ساق پا باعث بهبود میزان و کیفیت آوران‌های عصبی، موجب بهبود تولید نیرو و حس عمقی این ناحیه گردیده‌اند [۴۵]. همچنین کارل و همکاران (۲۰۱۶) اشاره داشته‌اند که انجام ماساژ بر روی عضله چهارسر رانی باعث دقت حرکتی از طریق

ثبات مفصلی پویا [۴۲]، همچنین کاهش انگیزتگی سلول‌های عصبی قشری حرکتی را مسئول کاهش تعادل به دنبال خستگی ناشی از فعالیت ذهنی دانست.

در تأیید نتایج این تحقیق، هوانلو و همکاران [۱۵] و خوش‌اندام و همکاران [۱۶] نشان دادند خستگی ناشی از تمرین سبب افزایش دامنه نوسانات قامت، کاهش توانایی حفظ تعادل و اختلال حس عمقی و در کل به هم خوردن تعادل عصبی عضلانی می‌شود. همچنین لن لمبورت و همکاران [۱۹] گزارش نمودند مهم‌ترین موضوع بعد از فعالیت ورزشکاران، محدود بودن زمان بین فعالیت برای ریکاوری فیزیولوژی و برگشت عضله به حالت قبل از فعالیت شدید است که باعث افزایش خستگی و افت عملکرد می‌شود. احتمالاً به دلیل احساس واماندگی بعد از خستگی ذهنی به علت تجمع آدنوزین در مغز، مقاومت در برابر تلاش افزایش یافته و احساس و درک خستگی و کمبود انرژی ظاهر می‌شود [۴۳]. فرضیه دیگر احتمالاً در بعد خستگی ذهنی می‌تواند بر اعمال

طب توانبخشی

تصویر ۷. مکانیک فرود در گروه‌های کنترل و تجربی در مراحل مختلف
 * تفاوت معنی‌دار در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تجربی گزارش شد ($P=0/008$)؛
 ++ تفاوت معنی‌دار بین پیش‌آزمون ۱ و پس‌آزمون ($P=0/003$) و بین پیش‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ($P=0/004$).

بهبود انتقال داده‌های حسی می‌شود [۴۶]. از این رو گمان می‌رود که تحقیق حاضر با افزایش توان سازگاری دستگاه‌های عصبی، شناختی و تعدیل سیستم عصبی خودکار، می‌تواند باعث مهار خستگی ذهنی و افزایش پایداری فیزیکی شده، که در نتیجه می‌تواند بر بهبود عملکرد اندام تحتانی، کاهش خطای فرود و افزایش سطح تعادل نیمه پویا و پویای ورزشکاران اثرگذار باشد. از طرفی بهبود خاصیت کشسانی عضلات و تاندون‌ها موجب بهبود دامنه حرکتی اندام تحتانی آزمودنی‌ها (هر چند موقت) شده است. از آنجا که داشتن دامنه حرکتی مناسب یکی از الزام‌های دسترسی بیشتر در اجرای آزمون می‌باشد، این افزایش دامنه حرکتی موجبات بهبود کسب امتیاز در افراد را فراهم آورده است [۴۷]. همچنین رثوب و همکاران اشاره داشته‌اند که انجام ماساژ روی عضله چهارسر رانی باعث دقت حرکتی از طریق بهبود انتقال داده‌های حسی می‌شود [۴۸]. از این رو گمان می‌رود که تحقیق حاضر با افزایش توان سازگاری دستگاه‌های عصبی، شناختی و تعدیل سیستم عصبی خودکار، می‌تواند باعث مهار خستگی ذهنی و افزایش پایداری فیزیکی شود که در نتیجه می‌تواند بر بهبود عملکرد اندام تحتانی، کاهش خطای فرود و افزایش سطح تعادل نیمه پویا و پویای ورزشکاران اثرگذار باشد. از طرفی بهبود خاصیت کشسانی عضلات و تاندون‌ها موجب بهبود دامنه حرکتی اندام تحتانی آزمودنی‌ها (هر چند موقت) شده است. از آنجا که داشتن دامنه حرکتی مناسب یکی از الزام‌های دسترسی بیشتر در اجرای آزمون ۷ است، این افزایش دامنه حرکتی موجبات بهبود کسب امتیاز در افراد را فراهم آورده است [۴۹]. همچنین مشخص شده است که اعمال این نوع از تحریکات می‌تواند باعث سازگاری‌هایی در ساختار بخش کورتیکال مغز که کنترل اجرای حرکات را در اختیار قرار دارد، شود و از آن طریق نیز می‌تواند به بهبود کنترل حرکات فرد کمک کند [۴۸].

برخی از دانشمندان علوم ورزشی به مقوله خستگی، به عنوان یکی از عوامل منفی اثرگذار بر عملکرد ورزشی و ارتباط آن با کنترل قامت توجه کرده‌اند، زیرا خستگی و کم شدن کنترل قامت می‌تواند از عوامل آسیب‌های اسکلتی عضلانی در ورزشکاران باشد [۴۹]. برخی از مطالعات از کاهش کمی و کیفی عملکرد تکنیکی فوتبالیست‌ها به دنبال خستگی ذهنی و جسمی حکایت نموده‌اند. علاوه بر موارد ذکر شده، د لوکا و همکاران نیز گزارش کردند که عملکرد استقامتی (افزایش زمان رسیدن به خستگی، زمان سرعت فعالیت)، به دنبال خستگی ذهنی کاهش داشته است [۵۰]. نیومن و همکاران در تحقیقات خود اثر خستگی ذهنی و عضلانی را بر عملکرد زمان حرکت و تاکتیک بازیکنان فوتبال نشان دادند و بیان کردند خستگی ذهنی باعث کاهش عملکرد فیزیکی (توانایی دویدن ویژه فوتبال، سرعت، دقت تصمیم‌گیری و همچنین دقت در فعالیت‌های نیازمند هماهنگی) شده است [۵۱] که می‌تواند نتیجه کاهش عملکرد اندام تحتانی به دنبال خستگی ذهنی در این مطالعه را تأیید نماید.

همان‌طور که گفته شد، کنترل مرکز ثقل در محدوده سطح اتکاء نیازمند همکاری مناسب بین گیرنده‌های اعصاب محیطی و سیستم اعصاب مرکزی است، بدین طریق که اگر پیام‌های آورانی مناسبی از محیط به سیستم اعصاب مرکزی برسند آن را قادر می‌سازند تا شرایط و اقدامات لازم را برای حفظ و بهبود کنترل وضعیتی به کار گیرد. همان‌طور که اشاره شد، اعمال ماساژ می‌تواند باعث بهبود گردش خون به آن ناحیه شده و باعث افزایش دمای محیط بدن شود که مطالعات حاکی از آن است که با افزایش دمای بافت، میزان و سرعت انتقال پیام‌های عصبی در آن افزایش می‌یابد [۴۷]. افزایش در میزان و سرعت انتقال داده‌های عصبی موجب افزایش اطلاعات ارسالی از ناحیه مورد نظر به مغز شده و به آن اجازه می‌دهد تا بتواند کنترل بهتری روی شرایط اندام داشته باشد. همچنین اعمال ماساژ بر یک ناحیه از بدن موجب تحریک گیرنده‌های مکانیکی و پوستی موجود در آن ناحیه شده و باعث افزایش فعالیت آن‌ها می‌شود. این افزایش فعالیت گیرنده‌های مکانیکی و پوستی نیز می‌تواند موجبات کنترل بهتر تعادل در فرد را ایجاد کند [۳۱]. مطالعات نشان می‌دهند افزایش نامتعادل سطح فعالیت عضلانی و هم‌انقباضی‌های عضلانی بیش از حد در اندام تحتانی از عواملی است که می‌تواند حس عمقی فرد را تحت تأثیر قرار داده و همچنین می‌تواند از طریق ایجاد اختلال در مسیرهای عصبی موجب افزایش نوسان پوسچر و از این طریق باعث کاهش توانایی تعادل و ثبات وضعیتی در فرد شود؛ به همین دلیل گفته می‌شود که برای برخورداری از تعادل و ثبات مناسب، فرد باید دارای سطح فعالیت عضلانی مناسب و بهینه باشد [۵۲، ۵۳]. چنین گفته می‌شود که اعمال ماساژ باعث کاهش سطح فعالیت بیش از حد نرمال عضلانی می‌شود [۵۳]. شاید یک دلیل بهبود امتیازات تعادل و کاهش خطا در آزمودنی‌های تحقیق حاضر نیز این باشد که اعمال ماساژ در ورزشکاران حاضر در مطالعه موجب نرمال شدن فعالیت عضلانی در اندام تحتانی شده و این امر نیز باعث بهبود توانایی اجرای آن‌ها پس از اعمال پروتکل ماساژ شده است.

علاوه بر آن، نتایج این مطالعه نشان داد تمرینات ماساژ باعث تحریک گیرنده مفاصل و عضلات ناحیه و بهبود اطلاعات ارسالی این گیرنده‌ها به سیستم اعصاب مرکزی و از آن طریق باعث بهبود عملکرد، مکانیک فرود و تعادل شده که نشانه‌ای از تأثیرگذاری و بهبود حس عمقی مفصل زانو و مچ پای آزمودنی‌های مورد مطالعه است. در همین راستا لیتی و همکاران [۷]، کوآتمن و همکاران [۸] و پاترسون و همکاران [۹] گزارش کردند که نیروی عکس‌العمل زمین بر پارامترهای کینماتیکی مرتبط با آسیب رباط قدامی زانو اثر دارد و سبب تغییر در میزان زاویه فلکشن و والگوس زانو در لحظه تماس اولیه پا با زمین می‌شود. پنا و همکاران در پژوهشی اثر خستگی ذهنی بر تغییرپذیری ضربان قلب و عملکرد شناگران جوان را بررسی کرده و گزارش نمودند که خستگی ذهنی عملکرد شناگران را مختل کرده، ولی میزان فشار در ک شده

در طول آزمون شنا و تست استروپ بر تغییرپذیری ضربان قلب مشاهده نشد که همگی، یافته‌های این مطالعه را تأیید می‌نمایند.

به‌طور کلی، ماساژ به دلیل تغییر در فعالیت سیستم عصبی، اضطراب و عواملی که ذهن را با بدن مرتبط می‌کند، می‌تواند باعث افزایش کنترل بیشتر فرد روی حرکات بدنی خود شود [۲۸]. بنابراین شاید بتوان این‌گونه اظهار کرد که اعمال ماساژ با دادن آرامش به فرد و بهبود شرایط روحی و روانی وی و کاهش استرس و اضطراب افراد موجب کاهش انقباضات ناخواسته، تنش‌های عضلانی، افزایش انطباق عضلات و باعث مهار خستگی ذهنی و کنترل بهتر افراد مورد مطالعه روی تعادل خود شده و موجب شده که این افراد در آزمون‌های تعادل، عملکرد اندام تحتانی و مکانیک فرود بعد از اعمال پروتکل ماساژ امتیاز بهتری را نسبت به گروه کنترل کسب کنند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد هشت هفته تمرینات ماساژ ریلکسیشن باعث مهار خستگی ذهنی، بهبود تعادل، مکانیک فرود و عملکرد اندام تحتانی شده است. از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به تعداد کم نمونه‌ها و همچنین تک‌جنسیتی بودن نمونه‌ها اشاره کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی در نظر گرفته شده است.

حامی مالی

این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی، دولتی، تجاری، غیرانتفاعی، دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

مشارکت‌نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله، مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیریت تربیت بدنی دانشگاه رازی و دانشجویان تربیت‌بدنی که در این تحقیق مشارکت داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

- [1] Ascensao ALM, Rebelo AN, Magalhaes S, Magalhaes J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29(3):217-25. [DOI:10.1080/02640414.2010.526132] [PMID]
- [2] Pakravan M, Sahebozamani M, Ghahraman Tabrizi K. [Investigating the prevalence and causes of sport injuries among physical education students (Persian)]. *Journal of Sport Medicine*. 2009; 1(2):81-94. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=209299>
- [3] Erfani M, Sahebozamani M, Daneshjoo A. [Definition of epidemiological indicators injury, severity and exposure time and major concepts in the surveillance and record the sport injuries. A systematic review (Persian)]. *Studies in Sport Medicine*. 2019; 10(24):43-68. [DOI:10.22089/SMJ.2019.5219.1293]
- [4] Ekstrand J, Gillquist J. Soccer injuries and their mechanisms: A prospective study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1983; 15(3):267-70. [DOI:10.1249/00005768-198315030-00014] [PMID]
- [5] Alentorn-Geli E, Alvarez-Diaz P, Ramon S, Marin M, Steinbacher G, Rius M, et al. Assessment of gastrocnemius tensiomyographic neuromuscular characteristics as risk factors for anterior cruciate ligament injury in male soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015; 23(9):2502-7. [DOI:10.1007/s00167-014-3007-4] [PMID]
- [6] Nigg BM. Biomechanics, load analysis and sports injuries in the lower extremities. *Sports Medicine*. 1985; 2(5):367-79. [DOI:10.2165/00007256-198502050-00005] [PMID]
- [7] Leuty PM. Understanding the effects of progressive fatigue on impact landing force and knee joint mechanics, during the landing phase of continuous maximal vertical jumps [MSc. thesis]. University of Windsor: Canada; 2016. [DOI:10.172960]
- [8] Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: A longitudinal study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(5):806-13. [DOI:10.1177/0363546505281916] [PMID]
- [9] Patterson MR, Delahunt E. A diagonal landing task to assess dynamic postural stability in ACL reconstructed females. *The Knee*. 2013; 20(6):532-6. [DOI:10.1016/j.knee.2013.07.008] [PMID]
- [10] De Wit B, De Clercq D, Lenoir M. The effect of varying midsole hardness on impact forces and foot motion during foot contact in running. *Journal of Applied Biomechanics*. 1995; 11(4):395-406. [DOI:10.1123/jab.11.4.395]
- [11] Wakefield CJ, Smith D. Impact of differing frequencies of PETTLEP imagery on netball shooting performance. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*. 2009; 4(1). [DOI:10.2202/1932-0191.1043]
- [12] Slobounov SM. Injuries in athletics: Causes and consequences. New York: Springer Science & Business Media; 2008. [DOI:10.1007/978-0-387-72577-2]
- [13] Gerdle B, Karlsson S, Day S, Djupsjöbacka M. Acquisition, processing and analysis of the surface electromyogram. In: Windhorst U, Johansson H, editors. *Modern techniques in neuroscience research*. Berlin: Springer; 1999. [DOI:10.1007/978-3-642-58552-4_26]
- [14] Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*. 2008; 59(1):125-39. [DOI:10.1016/j.brainres-rev.2008.07.001] [PMID]
- [15] Hovanloo F, Sadeghi H, Montazer M, Noruzi H. [The effect of aerobic and anaerobic functional fatigue on dynamic postural stability in elite young footballers (Persian)]. *Journal of Movement and Exercise Science*. 2010; 8(16):165-80. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=160263>
- [16] Khoshandam R, Norasteh A, Rahmaninia F. [Investigating effect of fatigue on balance of athletes with flat foot (Persian)]. *Journal of Physical Therapy*. 2014; 2(2):21-8. <https://ptj.uswr.ac.ir/article-1-94-fa.html>
- [17] Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed-accuracy trade-off. *Neuroscience*. 2015; 297:219-30. [DOI:10.1016/j.neuroscience.2015.03.066] [PMID]
- [18] Hockey GR. Stress and fatigue in human performance (Vol. 3). United States: John Wiley & Sons Inc; 1983. https://books.google.com/books/about/Stress_and_Fatigue_in_Human_Performance.html?id=sHd9AAAAMAAJ&source=kp_book_description
- [19] Van Wyk DV, Lambert MI. Recovery strategies implemented by sport support staff of elite rugby players in South Africa. *South African Journal of Physiotherapy*. 2009; 65(1):41-6. [DOI:10.4102/sajp.v65i1.78]
- [20] Albert NM, Gillinov AM, Lytle BW, Feng J, Cwynar R, Blackstone EH. A randomized trial of massage therapy after heart surgery. *Heart & Lung*. 2009; 38(6):480-90. [DOI:10.1016/j.hrtlng.2009.03.001] [PMID]
- [21] Shafiei Z, Babaee S, Nazari A. [The effectiveness of massage therapy on depression, anxiety and stress of patients after coronary artery bypass graft surgery (Persian)]. *Iranian Journal of Surgery*. 2013; 1(21):23-33. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=322328>
- [22] Poorbarzegar M, Minoonejad H, Seidi F, Mozafaripour E. [The immediate effect of sports massage on proprioception of knee and ankle joints in collegiate male athletes (Persian)]. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2017; 21(6):72-82. <http://sjku.muk.ac.ir/article-1-2825-en.html>
- [23] Meyer PF, Oddsson LI, De Luca CJ. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Experimental Brain Research*. 2004; 156(4):505-12. [DOI:10.1007/s00221-003-1804-y] [PMID]
- [24] Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. The plantar sole is a 'dynamic map' for human balance control. *Neuroreport*. 1998; 9(14):3247-52. [DOI:10.1097/00001756-199810050-00021] [PMID]
- [25] Magnusson M, Enbom H, Johansson R, Pyykkö I. Significance of pressor input from the human feet in anterior-posterior postural control: The effect of hypothermia on vibration-induced body-sway. *Acta Oto-Laryngologica*. 1990; 110(3-4):182-8. [DOI:10.3109/00016489009122535] [PMID]

- [26] Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*. 2005; 35(3):235-56. [DOI:10.2165/00007256-200535030-00004] [PMID]
- [27] Hosseini SM, Nikzad M, Khademi-Kalantari K, Baghban AA. [Immediate effect of massage and mobilization of the feet and ankles on balance in the elderly adults (Persian)]. *Rehabilitation Medicine*. 2013; 2(1):40-7. [DOI:10.22037/JRM.2013.1100108] [PMID]
- [28] Sefton JM, Yazar C, Berry JW. Massage therapy produces short-term improvements in balance, neurological, and cardiovascular measures in older persons. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork*. 2012; 5(3):16. [DOI:10.3822/ijtmb.v5i3.152] [PMID] [PMCID]
- [29] Vaillant J, Rouland A, Martigné P, Braujou R, Nissen MJ, Caillat-Miosse JL, et al. Massage and mobilization of the feet and ankles in elderly adults: Effect on clinical balance performance. *Manual Therapy*. 2009; 14(6):661-4. [DOI:10.1016/j.math.2009.03.004] [PMID]
- [30] Cheung KK, Au KY, Lam WW, Jones AY. Effects of a structured exercise programme on functional balance in visually impaired elderly living in a residential setting. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2008; 26(1):45-50. [DOI:10.1016/S1013-7025(09)70007-7] [PMID]
- [31] Bernard-Demanze L, Burdet C, Berger L, Rougier P. Recalibration of somesthetic plantar information in the control of undisturbed upright stance maintenance. *Journal of Integrative Neuroscience*. 2004; 3(04):433-51. [DOI:10.1142/S0219635204000580] [PMID]
- [32] Jelvéus A. Integrated sports massage Therapy: A comprehensive handbook. 1th ed. London: Elsevier Health Sciences; 2011. <https://www.elsevier.com/books/integrated-sports-massage-therapy/jelveus/978-0-443-10126-7>
- [33] Callaghan MJ. The role of massage in the management of the athlete: A review. *British Journal of Sports Medicine*. 1993; 27(1):28-33. [DOI:10.1136/bjbm.27.1.28] [PMID] [PMCID]
- [34] Smith M, Coutts A, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora S. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2016; 48(2):267-76. [DOI:10.1249/MSS.0000000000000762] [PMID]
- [35] Myer GD, Stroube BW, DiCesare CA, Brent JL, Ford KR, Heidt Jr RS, et al. Augmented feedback supports skill transfer and reduces high-risk injury landing mechanics: A double-blind, randomized controlled laboratory study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013; 41(3):669-77. [DOI:10.1177/0363546512472977] [PMID] [PMCID]
- [36] Pincivero DM, Bachmeier BR, Coelho AJ. The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001; 33(10):1708-12. [DOI:10.1097/00005768-200110000-00015] [PMID]
- [37] Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *Journal of Athletic Training*. 2012; 47(4):366-71. [DOI:10.4085/1062-6050-47.4.03] [PMID] [PMCID]
- [38] Zech A, Meining S, Hötting K, Liebl D, Mattes K, Hollander K. Effects of barefoot and footwear conditions on learning of a dynamic balance task: A randomized controlled study. *European Journal of Applied Physiology*. 2018; 118(12):2699-706. [DOI:10.1007/s00421-018-3997-6] [PMID]
- [39] Lepers R, Bigard AX, Diard JP, Gouteyron JF, Guezennec CY. Posture control after prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1997; 76(1):55-61. [DOI:10.1007/s004210050212] [PMID]
- [40] Anker LC, Weerdesteyn V, van Nes IJ, Nienhuis B, Straatman H, Geurts AC. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait & Posture*. 2008; 27(3):471-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2007.06.002] [PMID]
- [41] Martin K, Meeusen R, Thompson KG, Keegan R, Rattray B. Mental fatigue impairs endurance performance: A physiological explanation. *Sports Medicine*. 2018; 48(11):2041-51. [DOI:10.1152/jappphysiol.91324.2008] [PMID]
- [42] Lederman E. Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapies: Principles to practice. London: Churchill Livingstone; 2010. <http://vlib.kmu.ac.ir/kmu/handle/kmu/82992>
- [43] Shin M-S, Sung Y-H. Effects of massage on muscular strength and proprioception after exercise-induced muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015; 29(8):225-60. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000688] [PMID]
- [44] Begovic H, Zhou G-Q, Schuster S, Zheng Y-P. The neuromotor effects of transverse friction massage. *Manual Therapy*. 2016; 26:70-6. [DOI:10.1016/j.math.2016.07.007] [PMID]
- [45] Todnem K, Knudsen G, Riise T, Nyland H, Aarli JA. The non-linear relationship between nerve conduction velocity and skin temperature. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1989; 52(4):497-501. [DOI:10.1136/jnnp.52.4.497] [PMID] [PMCID]
- [46] Carel C, Loubinoux I, Boulanouar K, Manelfe C, Rascol O, Celsis P, et al. Neural substrate for the effects of passive training on sensorimotor cortical representation: A study with functional magnetic resonance imaging in healthy subjects. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2000; 20(3):478-84. [DOI:10.1097/00004647-200003000-00006] [PMID]
- [47] Guskiewicz K, Perrin D. Research and clinical applications of assessing balance. *Sport Rehabilitation*. 1996; 5:45-63. [DOI:10.1123/jsr.5.1.45]
- [48] Raub JA. Psychophysiological effects of Hatha yoga on musculoskeletal and cardiopulmonary function: A literature review. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2002; 8(6):797-812. [DOI:10.1089/10755530260511810] [PMID]
- [49] Coutinho D, Gonçalves B, Wong DP, Travassos B, Coutts AJ, Sampaio J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Human Movement Science*. 2018; 58:287-96. [DOI:10.1016/j.humov.2018.03.004] [PMID]
- [50] De Luca CJ, LeFever RS, McCue MP, Xenakis AP. Control scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions. *The Journal of Physiology*. 1982; 329:129-42 [DOI:10.1113/jphysiol.1982.sp014294] [PMID] [PMCID]

- [51] Newman DJ, Schultz KU, Rochlis JL. Closed-loop, estimator-based model of human posture following reduced gravity exposure. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*. 1996; 19(5):1102-8. [DOI:10.2514/3.21751] [PMID]
- [52] Sefton JM, Yarar C, Carpenter DM, Berry JW. Physiological and clinical changes after therapeutic massage of the neck and shoulders. *Manual Therapy*. 2011; 16(5):487-94. [DOI:10.1016/j.math.2011.04.002] [PMID]
- [53] Penna EM, Filho E, Wanner SP, Campos BT, Quinan GR, Mendes TT, et al. Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*. 2018; 30(2):208-15. [DOI:10.1123/pes.2017-0128] [PMID]