



The Effect of P.N.F Exercises with Creatine on the Range of Motion and Strength of Hip Extensor Muscles in Non-Athlete Men

Sasan Hoseini^{1✉}, Alireza Izadi², Masoumeh Hoseini³, Neda Badr⁴

1. **Corresponding Author**, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: sasan.hoseini1990f@gmail.com
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: Alireza.Eizadi98@gmail.com
3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: Masoumeh.Hosseini.pro@gmail.com
4. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran.
E-mail: Nedabadr612@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article history: Received: 02 Mar 2024 Received in revised form: 27 Apr 2024 Accepted: 06 May 2024 Published online: 09 Jun 2024 Keywords: PNF Exercises, Creatine Monohydrate, Range Of Motion, Muscular Strength.	Introduction: The purpose of the present study was to investigate the effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) exercises combined with creatine supplementation on the range of motion and strength of the hip extensor muscles in non-athletic men. Methods: For this purpose, 24 healthy non-athletic men aged 22 to 25 years participated in the study and underwent a pre-test. Data collection instruments included a dynamometer to measure the strength of the hip extensor muscles and a digital inclinometer to assess flexibility. Based on the pre-test data, participants were homogenized and randomly assigned into two training groups of 12 subjects each. The first group performed PNF exercises with creatine monohydrate supplementation, while the second group performed PNF exercises with a placebo (dextrose). The training program consisted of five sessions per week (Saturday, Sunday, Monday, Wednesday, and Thursday) for one month. After one month, a post-test was conducted. Data were analyzed using SPSS version 16. Independent t-tests were applied to compare groups, and paired t-tests were used to examine within-group changes over time, with the significance level set at $p \leq 0.05$. Results: Results of the independent t-test showed that muscular strength and range of motion in the group performing PNF exercises with creatine monohydrate supplementation were significantly greater than those in the control group. Conclusion: Overall, it can be concluded that creatine supplementation combined with PNF exercises enhances range of motion and muscular strength.
Cite this article: Hosseini S, Izadi A, Hosseini M, Badr N. The Effect of P.N.F Exercises with Creatine on the Range of Motion and Strength of Hip Extensor Muscles in Non-Athlete Men. Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences. 2024; 01 (01): 44-53. Doi: 10.22034/edus.2025.546557.1022 Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences is licensed under CC BY-NC 4.0. Web site: https://www.eduhealthsci.ir Email: eduhealthsci@gmail.com. © The Author(s). Publisher: Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mazandaran Branch, Mazandaran, Iran.	



Extended Abstract

Introduction

Flexibility and muscular strength are two fundamental components of physical fitness that contribute to optimal performance, injury prevention, and overall musculoskeletal health. In particular, the hip extensor muscles play a crucial role in locomotion, postural stability, and daily functional activities. Deficits in strength or range of motion in this muscle group may increase susceptibility to musculoskeletal dysfunction and limit physical performance, especially among non-athletic individuals who are generally less exposed to systematic training programs. Therefore, the development of effective training strategies to improve both muscle strength and flexibility has remained an important subject of exercise physiology and sports medicine. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) stretching has been widely recognized as one of the most effective stretching techniques to enhance flexibility. Unlike traditional static stretching, PNF involves an active-passive cycle of muscle contraction and relaxation, usually performed with the assistance of a partner or external resistance. The underlying mechanism is believed to involve autogenic and reciprocal inhibition, mediated by the Golgi tendon organs and muscle spindles. By integrating voluntary muscle contractions with stretching, PNF is thought to facilitate greater increases in joint range of motion while simultaneously contributing to neuromuscular adaptations that support muscle performance. Creatine monohydrate supplementation has also attracted considerable attention in the field of sports nutrition. It is one of the most extensively studied ergogenic aids, known to improve high-intensity exercise capacity, increase phosphocreatine availability, and promote faster recovery during repeated bouts of intense activity. In addition, creatine has been linked with enhanced muscle hypertrophy and strength gains when combined with resistance or functional training. The combination of PNF stretching and creatine supplementation could theoretically provide synergistic benefits: PNF would improve neuromuscular efficiency and range of motion, while creatine supplementation would support muscular energy metabolism and strength development. Despite the popularity of both interventions, there is a relative scarcity of research examining their combined effects, particularly in non-athletic male populations. Most studies have focused on athletes or resistance training protocols, leaving a gap in understanding how creatine and PNF interact in individuals without systematic training backgrounds. Moreover, non-athletic populations may present a unique model for studying such interventions, as their baseline levels of strength and flexibility are typically lower, allowing more pronounced adaptations to be observed. The present study was therefore designed to examine the effect of a one-month PNF training program performed in combination with creatine monohydrate supplementation on hip extensor strength and range of motion in healthy, non-athletic young men. By using standardized dynamometric and inclinometric measurements, the study aimed to provide objective evidence on whether creatine supplementation augments the flexibility and strength improvements typically associated with PNF training. The findings are expected to contribute to a more comprehensive understanding of integrative exercise and nutritional strategies, with practical implications for sports performance, rehabilitation, and general fitness enhancement.

Methods

For this purpose, 24 healthy non-athletic men aged 22 to 25 years participated in the study and underwent a pre-test. Data collection instruments included a dynamometer to measure the strength of the hip extensor muscles and a digital inclinometer to assess flexibility. Based on the pre-test data, participants were homogenized and randomly assigned into two training groups of 12 subjects each. The first group performed PNF exercises with creatine monohydrate supplementation, while the second group performed PNF exercises with a placebo (dextrose). The training program consisted of five sessions per week (Saturday, Sunday, Monday, Wednesday, and Thursday) for one month. After one month, a post-test was conducted. Data were analyzed using SPSS version 16. Independent t-tests were applied to compare groups, and paired t-tests were used to examine within-group changes over time, with the significance level set at $p \leq 0.05$.

Results

Results of the independent t-test showed that muscular strength and range of motion in the group performing PNF exercises with creatine monohydrate supplementation were significantly greater than those in the control group.

Conclusion

The findings of this study demonstrated that a four-week program of PNF stretching, when combined with creatine monohydrate supplementation, produced significant improvements in both hip extensor muscle strength and range of motion in non-athletic men. Participants who performed PNF exercises while consuming creatine outperformed those who performed the same exercises with a placebo. These results suggest that creatine supplementation acts as a supportive factor, enhancing the physiological benefits of PNF training. The mechanisms underlying these improvements can be



understood from both neuromuscular and metabolic perspectives. PNF stretching relies on neurophysiological principles such as autogenic inhibition, reciprocal inhibition, and the activation of Golgi tendon organs, which together allow for enhanced flexibility and efficient motor unit recruitment. Meanwhile, creatine supplementation increases intramuscular phosphocreatine stores, enabling greater ATP resynthesis during short, intense bouts of contraction. This energy availability supports higher quality contractions during the PNF protocol, which involves repeated isometric and concentric actions. Over time, these combined effects may amplify both muscular strength and extensibility. Beyond the immediate outcomes of the study, these results carry broader implications for exercise prescription and rehabilitation. In athletic settings, combining nutritional supplementation with advanced stretching protocols could accelerate gains in flexibility and strength, potentially reducing the risk of strain injuries and enhancing performance in sports requiring explosive movements. For non-athletic populations, the combination may serve as a practical intervention to improve functional mobility, posture, and musculoskeletal health, thereby reducing the risk of sedentary lifestyle-related impairments. It is important, however, to consider the limitations of the study. The sample size was relatively small, and the duration of the intervention was limited to one month. Longer-term studies with larger populations, including both genders and different age groups, are needed to confirm the generalizability of the findings. Additionally, while creatine is widely regarded as safe, individual responses to supplementation may vary depending on baseline dietary intake, muscle fiber composition, and genetic factors. Future research could also explore the dose–response relationship between creatine intake and flexibility outcomes, as well as the potential interactions with other training modalities such as resistance training or plyometrics. In conclusion, the study provides evidence that creatine supplementation can enhance the effectiveness of PNF stretching in improving both range of motion and muscular strength in non-athletic men. These findings underscore the value of integrating exercise physiology and sports nutrition approaches to optimize human performance and health. Practitioners and trainers may consider combining PNF protocols with creatine supplementation as a viable strategy for individuals seeking to improve flexibility and strength, whether for athletic, rehabilitative, or general fitness purposes.

Ethical Considerations

Funding

This research received no specific grant from any funding agency.

Authors' contribution

Conceptualization, Sasan Hoseini; Methodology, Alireza Izadi; Analysis, Masoumeh Hoseini; Investigation, Alireza Izadi; Data Curation, Neda Badr; Writing - Original Draft Preparation, Neda Badr; Supervision, Masoumeh Hoseini; Project Administration, Sasan Hoseini.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding this article.

Acknowledgments

The authors of the article express their gratitude to the officials of the Faculty Physical Education and Sport Sciences, South Tehran Branch, for their support in the conduct of this research.



تاثیر تمرینات P.N.F همراه با کراتین بر روی دامنه حرکتی و قدرت اکستنسور ران مردان غیر ورزشکار

ساسان حسینی^{۱✉}، علیرضا ایزدی^۲، معصومه حسینی^۳، ندا بدر^۴ id

۱. نویسنده مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: sasan.hoseini1990f@gmail.com
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: Alireza.Eizadi98@gmail.com
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: Masoumeh.Hosseini.pro@gmail.com
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران. رایانامه: Nedabadr612@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مقدمه: هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر تمرینات P.N.F همراه با کراتین بر روی دامنه حرکتی و قدرت عضلات اکستنسور ران مردان غیر ورزشکار بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱	روش پژوهش: بدین منظور ۲۴ نفر از مردان غیر ورزشکار سالم با دامنه‌ی سنی بین ۲۲ تا ۲۵ در پژوهش حاضر شرکت کردند و از آنها پیش آزمون به عمل آمد. ابزار جمع آوری داده‌ها شامل دینامومتر جهت سنجش قدرت عضلات اکستنسور ران و اینکلااینومتر دیجیتال جهت سنجش انعطاف پذیری بود. سپس آزمودنی‌ها بر اساس داده‌های پیش‌آزمون به روش همسان‌سازی در دو گروه تمرینی ۱۲ نفری تقسیم شدند. گروه اول تمرینات PNF را همراه با مصرف مکمل کراتین مونوهیدرات انجام دادند و گروه دوم تمرینات PNF را همراه با مصرف دارونما (دکستروز) اجرا کردند. این تمرینات شامل ۵ جلسه در هفته (شنبه، یکشنبه، دوشنبه، چهارشنبه و پنجشنبه) به مدت یک ماه صورت گرفت. بعد از یک ماه از آزمودنی‌ها پس آزمون به عمل آمد. از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تی مستقل برای مقایسه گروه‌ها و از آزمون تی همبسته برای بررسی اثر مداخله‌ها در طول زمان در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۳	یافته‌ها: نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که قدرت عضلانی و دامنه حرکتی گروهی که تمرینات PNF را همراه با مصرف مکمل کراتین مونوهیدرات انجام داده بودند به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۲	نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مصرف مکمل کراتین همراه با تمرینات PNF موجب افزایش دامنه حرکتی و قدرت عضلانی
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹	دامنه حرکتی و قدرت عضلات می‌گردد.

استناد: حسینی، ساسان؛ ایزدی، علیرضا؛ حسینی، معصومه؛ بدر، ندا. تاثیر تمرینات P.N.F همراه با کراتین بر روی دامنه حرکتی و قدرت اکستنسور ران مردان غیر ورزشکار. نشریه رویکردهای نوین در مدیریت آموزش و علوم سلامت. ۱۴۰۳؛ ۰۱ (۰۱): ۴۴-۵۳. Doi: 10.22034/edus.2025.546557.1022



دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.

| آدرس نشریه: <https://www.eduhealthsci.ir/> | ایمیل: eduhealthsci@gmail.com

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد استان مازندران.

مقدمه

تسهیل عصبی عضلانی گیرنده‌های حس عمقی (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: PNF) یک تکنیک کششی است که برای قابلیت ارتجاعی عضلات استفاده می‌شود و تأثیر مثبتی بر دامنه‌ی حرکتی فعال و غیرفعال دارد (۱). کشش تسهیل شده ترکیبی از کشش فعال و غیرفعال است. در این فعالیت انقباض‌های برون‌گرا و هم‌طول رخ می‌دهند. در کشش تسهیل شده (فعال - غیرفعال - فعال) ابتدا فرد اندام را به‌طور فعال تا حداکثر دامنه ممکن حرکت می‌دهد، سپس با اعمال فشار خارجی مقداری به کشش افزوده می‌شود و در انتها فرد به‌طور فعال سعی در حرکت بیشتر در مفصل مورد نظر می‌نماید (۲). PNF، دامنه‌ی حرکتی را به وسیله‌ی افزایش طول عضله و افزایش کارایی عصبی عضلانی، افزایش می‌دهد. کشش PNF باعث افزایش دامنه‌ی حرکتی در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده می‌شود. این تأثیرات می‌تواند ۹۰ دقیقه یا بیشتر بعد از تکمیل کشش تداوم داشته باشد. مدت زمان استمرار این تأثیرات می‌تواند به دلایل مختلف، متفاوت باشد، مانند تغییر در درصد حداکثر انقباض ارادی و مدت انقباض عضله‌ی هدف در طول کشش PNF ثابت شده است که انقباضات وقتی تأثیر بهتری تولید می‌کنند که به مدت ۳ تا ۱۰ ثانیه حفظ شوند، در حالیکه ۶ ثانیه نسبت به بقیه‌ی زمان‌ها ارجحیت دارد (۳). تمرینات PNF از جمله تمرینات مطلوب جهت افزایش انعطاف عضلانی بوده که در توسعه مهارت‌های ورزشی مؤثر است. در PNF با تکیه بر یک مکانیسم عصبی-عضلانی از طریق تحریک گیرنده‌های حسی عمقی، دامنه‌ی حرکتی مفصل افزایش می‌یابد. استفاده از روش PNF علاوه بر بهبود انعطاف‌پذیری و دامنه‌ی حرکتی، قدرت را نیز افزایش می‌دهد. البته روش PNF ممکن است در همه‌ی عضلات تأثیر یکسانی نداشته باشد. تمرینات PNF به شکل‌های مختلفی بر مبنای تناوب و مدت زمان انقباض و استراحت ارائه شده است. این روش‌ها عبارتند از: انقباض - استراحت، حفظ - استراحت، انقباض آرام - برگشت - حفظ - استراحت، انقباض - استراحت - انقباض آگونیست - انقباض، انقباض - استراحت - انقباض آگونیست - استراحت. دو نوع از رایج‌ترین این روش‌ها انقباض - استراحت و حفظ - استراحت می‌باشند (۴). روش انقباض - استراحت شامل شروع کشش عضله‌ی هدف و حفظ این وضعیت است، در حالیکه شرکت کننده عضله‌ی هدف را با حداکثر نیروی ایزومتریک برای مدت زمان مشخصی منقبض می‌کند؛ این وضعیت به وسیله‌ی استراحت کوتاه عضله‌ی هدف که معمولاً شامل کشش غیرفعال است دنبال می‌شود (۵). در تمرینات تسهیل عصبی-عضلانی گیرنده‌های عمقی، تأکید بر بازآموزی انتخابی اجزاء حرکتی خاص از طریق بهبود کنترل عصبی-عضلانی، ثبات مفصل، حرکت هماهنگ و در نتیجه تعادل می‌باشد؛ همچنین لازم است تکنیک‌های تقویتی (تثبیت ریتمیک، معکوس سازی آرام) و کششی (نگه داشتن-انبساط و انقباض-انبساط) در PNF جهت کمک به تحمل عضلانی، کسب ثبات، افزایش دامنه‌ی حرکتی و کنترل عصبی عضلانی اطراف یک مفصل به کار روند (۶).

مطالعاتی که در ارتباط با اندازه‌های مختلف انقباض - استراحت در تمرینات PNF وجود دارد محدود هستند. محققان نشان دادند، سه مدت زمان متفاوت ۵، ۱۰ و ۱۵ ثانیه در انقباض عضلات همسترینگ، هیچ اختلاف معناداری در افزایش دامنه‌ی حرکتی مفصل ران وجود نداشت. در حالی که این تمرینات موجب افزایش دامنه حرکتی مفصل ران و افزایش قدرت عضلات همسترینگ شد (۷). مطالعات بسیار اندکی در خصوص تأثیر کراتین بر روی انعطاف‌پذیری وجود دارد به نظر می‌رسد کراتین بر روی کاهش انعطاف‌پذیری هنگام فعالیت‌های بدنی غیر مرسوم یا انقباضات نسبتاً شدید و برون‌گرا مانند دویدن در سرازیری یا پایین آمدن از کوه و پله که با علائمی مانند بروز التهاب (سفتی همراه با درد و تورم) یا کاهش انعطاف‌پذیری و توان عضلانی همراه است اثر پیشگیرانه دارد (۸). به هر حال با وجود انجام تمرینات جداگانه در زمینه تمرینات PNF و مصرف مکمل کراتین بر سازگاری‌های عصبی عضلانی تحقیقاتی بر روی تأثیر هم‌زمان این دو مداخله بر روی دامنه حرکتی و قدرت عضلانی انجام نشده است (۹). بنابراین این مطالعه به دنبال بررسی تأثیر تمرینات کششی PNF و مصرف مکمل کراتین بر روی دامنه حرکتی و قدرت عضلات اکستنسور ران مردان غیر ورزشکار می‌باشد.

روش‌شناسی

پژوهش نیمه تجربی حاضر با روش مقایسه میانگین‌ها و طرح پژوهشی گروه‌های تمرین با پیش‌آزمون و پس‌آزمون و با هدف تعیین تأثیر اجرای ۱۰ ثانیه کشش غیرفعال کمکی تا آستانه درد و ۵ ثانیه انقباض ایستای ارادی بیشینه عضله با و بدون مصرف کراتین بر عوامل قدرت و انعطاف‌پذیری عضلات اکستنسور ران در مردان غیرورزشکار انجام خواهد شد. جامعه‌ی آماری تحقیق حاضر شامل همه‌ی مردان غیرورزشکار سالم با دامنه‌ی سنی بین ۲۲ تا ۲۵ بود. بدین‌منظور ۲۴ نفر از آزمودنی‌ها در پژوهش حاضر که به‌صورت در دسترس از میان داوطلبان واجد شرایط غیرورزشکار گزینش شدند و بر اساس داده‌های پیش‌آزمون به روش همسان‌سازی در دو گروه تمرینی ۱۲ نفری تقسیم شدند.

ابزار جمع‌آوری داده‌ها شامل دینامومتر جهت سنجش قدرت عضلات اکستنسور ران و اینکلاينومتر دیجیتالی جهت سنجش انعطاف‌پذیری استفاده بود. جهت اندازه‌گیری قدرت عضلات اکستنسور مفصل ران طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون، آزمودنی در حالت طاق‌باز روی میز پرس سینه دراز کشیده و اندام‌های تحتانی در کنار یکدیگر به حالت جفت و در حالت اکستنشن کامل و بازوها در کنار بدن قرار گرفتند. با استفاده از کمر بند مناسب، لگن و ران‌ها ثابت شد. سپس از آزمودنی خواسته شد در حالی که زانو در حالت اکستنشن کامل قرار دارد پا را تا حداکثر دامنه فلکشن ران بالا آورده و پس از قرار دادن مچ پای وی درون مچ‌بند متصل به دینامومتر، حداکثر نیروی ممکن را برای اکستنشن مفصل ران ایجاد نماید. حرکت سه بار انجام شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان اندازه قدرت در نظر گرفته شد.

دامنه‌ی حرکتی فعال مفصل ران طی پیش و پس‌آزمون، به‌وسیله آزمون Leg raise و با استفاده از دستگاه اینکلاينومتر دیجیتالی شیب‌سنج اندازه‌گیری شد. در این آزمون آزمودنی به پشت بر روی میز می‌خوابد و یک پای خود را از مفصل ران تا حد ممکن خم می‌نماید. با استفاده از شیب‌سنج میزان فلکشن ران اندازه‌گیری شد. در این آزمون زانو در حالت اکستنشن کامل قرار گرفت. پای دیگر آزمودنی با استفاده از کمر بند ایمنی تثبیت شد. شیب‌سنج دیجیتالی بر روی قسمت خارجی تحتانی ران آزمودنی (اپی‌کوندیل خارجی ران) قرار گرفت، سپس دامنه‌ی حرکتی مفصل با استفاده از آن طی اجرای آزمون ثبت شد.

تمرینات PNF متشکل از تمرینات کشش اکستنسورهای ران با توالی‌های کشش پس‌پس تا حداکثر دامنه فلکشن ران، انقباض در همان حالت (۱۵ ثانیه) و سپس استراحت در همان حالت (۵ ثانیه) می‌باشد. این چرخه (کشش - انقباض - استراحت) با فاصله‌های استراحت ۲ دقیقه‌ای اجرا خواهد شد. قبل از تمرینات حدود ۱۰ دقیقه، گرم‌کردن اختصاصی و بعد از اتمام تمرینات نیز برای بازگشت به حالت اولیه (سرد کردن) ۵ دقیقه اختصاص می‌یابد. این تمرینات شامل ۵ جلسه در یک هفته (شنبه، یکشنبه، دوشنبه، چهارشنبه و پنجشنبه) بود. در گروه اول آزمودنی‌ها تمرینات PNF را همراه با مصرف مکمل کراتین مونوهیدرات انجام خواهند داد. این افراد در ۵ روز اول روزانه ۲۰ گرم کراتین مونوهیدرات را در سه وعده پس از صرف غذا (و یک وعده بعد از تمرین) مصرف می‌کنند. گروه دوم تمرینات PNF را همراه با مصرف دارونما (دکستروز) اجرا کردند. پیش‌آزمون و پس‌آزمون که شامل سنجش قدرت و انعطاف‌پذیری عضلات اکستنسور ران بود، یک روز قبل و یک روز بعد از اتمام پروتکل در جلسه‌ی پنجم، به‌دنبال گرم‌کردن اختصاصی اجرا شد. داده‌های حاصل از انعطاف‌پذیری به درجه و داده‌های حاصل از قدرت به کیلوگرم بود. میانگین سه کوشش برای هر کدام از آزمودنی‌ها برای هر متغیر محاسبه و در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶ وارد شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری از آزمون t مستقل برای هر کدام از متغیرها و آزمون t همبسته در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها شامل سن و وزن ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	پیش آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	پس آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین
سن	تجربی	۲۲/۲ $\pm$ ۱/۷۹	-
	کنترل	۲۳/۳ $\pm$ ۸/۸۴	-
وزن	تجربی	۶۹/۳ $\pm$ ۱۵/۷۳	۶۹/۳ $\pm$ ۷/۷
	کنترل	۶۸/۲ $\pm$ ۱/۵۷	۶۸/۶ $\pm$ ۲/۶

در جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد مربوط به متغیرهای تحقیق که شامل دامنه حرکتی و قدرت عضلات اکستنسور ران برای گروه تجربی و کنترل درپیش آزمون و پس آزمون ارائه شده است و همانطور که مشاهده می‌شود میانگین دامنه حرکتی گروه تجربی در پیش آزمون ۷۲/۶۶ و در پس آزمون ۸۹/۰۰ بود. همچنین قدرت عضلات اکستنسور گروه کنترل در پیش آزمون ۸۲/۶۵ و در پس آزمون ۷۶/۴ بود. بنابراین قدرت عضلات اکستنسور ران هر دو گروه افزایش یافته است.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد مربوط به متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه	پیش آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	پس آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین
دامنه حرکتی	تجربی	۷۲/۱۲ $\pm$ ۶۶/۷	۸۰/۱۱ $\pm$ ۰۰/۲
	کنترل	۷۱/۱۰ $\pm$ ۸۳/۳۴	۷۶/۹ $\pm$ ۹/۹۶
قدرت عضلات اکستنسور	تجربی	۶۷/۱۰ $\pm$ ۲۹/۱۰	۷۴/۷ $\pm$ ۵۸/۱۱
	کنترل	۶۵/۸ $\pm$ ۸۲/۹۲	۶۸/۷ $\pm$ ۰۸/۲۲

به منظور بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون t همبسته استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج، دامنه حرکتی در گروهی که صرفاً تمرینات کششی P.N.F را انجام داده بودند در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری داشته است. همچنین دامنه حرکتی در گروه تجربی که تمرینات P.N.F را همراه با مصرف مکمل کراتین انجام داده بودند. در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری داشتند.

جدول ۳- آزمون t همبسته در ارتباط با دامنه حرکتی گروه کنترل در پیش آزمون و پس آزمون

اختلاف جفتی میانگین	T	درجه آزادی	سطح معناداری
P.N.F تمرینات کششی	-۵/۰۸	-۵/۳۱۱	$\leq ۰/۰۰۱$
P.N.F+ کراتین	-۷/۴۳	-۵/۷۰۷	$\leq ۰/۰۰۱$

به منظور بررسی بیشتر از آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت بین گروهی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان می‌دهد که در پس آزمون بین گروه تجربی با گروه کنترل تفاوت معنادار وجود دارد؛ بدین معنی که دامنه حرکتی گروه تجربی از گروه کنترل بیشتر بود ($t = ۲/۸۹$, $p = ۰/۰۰۸$).

جدول ۴- نتایج آزمون t مستقل در رابطه با دامنه حرکتی بین دو گروه تجربی و کنترل

گروه	اختلاف جفتی میانگین	T	F	درجه آزادی	سطح معناداری
کنترل- تجربی	۳/۱۶	۲/۸۹	۰/۴۵۸	۲۲	$۰/۰۰۸^*$

* = تفاوت معنادار در سطح $\alpha \leq ۰/۰۵$

با توجه به نتایج **جدول ۵** مشخص گردید، قدرت عضلات اکستنسور گروه کنترل (تمرینات صرف) در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری داشته است ($t = -4/841, p \leq 0/001$). همچنین قدرت عضلات اکستنسور در گروه تجربی که تمرینات P.N.F را همراه با مصرف مکمل کراتین انجام داده بودند. در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری داشتند ($t = -3/113, p \leq 0/001$).

جدول ۵- آزمون t همبسته در ارتباط با قدرت عضلات اکستنسور ران در پیش آزمون و پس آزمون

اختلاف دو به دو	T	درجه آزادی	سطح معناداری	
				میانگین
P.N.F کششی	-۲/۳۳	-۴/۸۴۱	۱۱	$\leq 0/001$
P.N.F و کراتین	-۷/۲۹	-۳/۱۱۳	۱۱	$\leq 0/001$

* = تفاوت معنادار در سطح $\alpha \leq 0/05$

به منظور بررسی بیشتر از آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت بین گروهی استفاده شد که نتایج آن در **جدول ۶** نشان داد که در پس آزمون بین هر دو گروه تجربی و ب گروه کنترل تفاوت معنادار وجود دارد. بدین معنی که قدرت عضلات اکستنسور گروه تجربی بهتر از گروه کنترل بود ($t = 2/096, p = 0/04$).

جدول ۶- نتایج آزمون t مستقل در رابطه با قدرت عضلات اکستنسور بین گروه تجربی و کنترل

اختلاف جفتی	T	F	درجه آزادی	سطح معناداری	گروه
					میانگین
۶/۴۲	۲/۰۹۶	۰/۱۵۳	۲۲	۰/۰۴	کنترل- تجربی

بحث

دلیل تأثیر مثبت تمرینات کشش PNF سازوکارهای کششی این روش تمرینی می باشد. در کشش PNF که ترکیبی از کشش فعال و غیرفعال است، دامنه‌ی حرکتی مفصل به کمک کشش غیرفعال افزایش می یابد. اندام‌های وتري گلژی عضلات در اثر انقباض تحریک شده و تکانه‌های عصبی مهاری صادر می کنند. این روند تا هنگام شل شدن عضله ادامه می یابد؛ اما زمانی که تمرینات کششی آهسته انجام گیرد و یا این که در تمام مدت، عضو مربوطه در انتهای ترین دامنه‌ی حرکتی اش قرار گرفته باشد، دوک‌های عضلانی دیگر تکانه‌ی عصبی ارسال نمی کنند. در نتیجه این فرایند باعث افزایش انعطاف پذیری عضلات می گردد. بر اساس مکانیسم بازداري دوسویه، عضلات معمولاً به صورت جفت کار می کنند؛ بدین گونه که هنگامیکه یک گروه از عضلات موافق منقبض می شوند، عضلات مخالف شل می شوند. بازداري دوسویه یک مکانیسم عصب شناسی با اهمیت است که از فعالیت عضله‌ی مخالف، مادامی که عضله‌ی موافق یک اندام را در سراسر دامنه‌ی حرکتی آن حرکت می دهد، جلوگیری می کند. این نتایج با نتایج تحقیقات آگوئیرا (Aguiar) و همکاران (۲۰۲۰) (۱۱) و آنتونیو (Antonio) و همکاران (۲۰۲۰) (۹) همسو و همراستا بود. دلیل دیگر تأثیرات مثبت تمرینات PNF را می توان به بازتاب کششی یا بازداري اتوزنیک نسبت داد. بازتاب کششی معکوس زمانی ایجاد می شود که اندام‌های وتري گلژی فعال می شوند. این اندام‌ها نسبت به تغییرات اندک در تنش وتر حساس هستند. اگر عضله برای مدت طولانی کشیده شود یا اگر یک انقباض ایزومتریک در عضله ایجاد گردد، تنش در عضله افزایش یافته و اندام‌های وتري گلژی از طریق تارهای عصبی آوران نوع Ib تحریک می شوند (۶). در نتیجه یک بازتاب کششی فوری از اندام‌های وتري گلژی برای بازداري از اعصاب حرکتی که به عضله عصب می دهند ایجاد می شود که به دنبال آن عضله بلافاصله شل می شود و تنش بیش از حد از بین می رود. بازتاب کششی معکوس یا بازداري اتوزنیک که باعث شل شدن عضله می گردد، شالوده و تئوری شل شدگی پس از انقباض ایزومتریک را تشکیل می دهد. این اصل بیان می کند که یک عضله پس از یک انقباض ایزومتریک (هم طول) از طریق مکانیسم عصب شناسی شل می شود و بنابراین راحت تر کشیده خواهد شد.

این بازتاب اساس کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق گیرنده‌های عصبی نوع CR با به‌کارگیری یک انقباض کانسنتریک می‌باشد که در تحقیق حاضر نیز از این شیوه‌ی کششی استفاده شد (۱۰). دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که تمرینات کوتاه‌مدت PNF به شیوه‌ی انقباض-استراحت همراه با مصرف مکمل کراتین، تأثیر مثبتی بر انعطاف‌پذیری عضلات اکستنسور ران مردان غیرورزشکار داشت. به‌طور کلی نتایج تحقیقات انجام‌شده در زمینه‌ی افزایش محیط اندام (هایپرتروفی) نشان می‌دهد که پاسخ‌های هورمونی، تغییرات آنابولیکی را پس از تمرین راه‌اندازی می‌کنند. تمرین موجب افزایش GH، IGF-1، تستوسترون و انسولین می‌شود. به‌طور نظری، افزایش سطح هورمونی سرم خون ممکن است موجب افزایش آنابولیسم و میزان مصرف مواد غذایی (نظیر مکمل کراتین) در فیبر عضلانی گردد. این موضوع عامل اصلی بیش‌جبرانی پس از تمرین در دوره‌ی بازگشت به حالت اولیه است. مطالعات مختلف افزایش هورمونی و چگونگی اثر هورمون‌ها را به‌خوبی نشان داده‌اند. هرچند تحقیقات اندکی در زمینه‌ی مصرف مکمل کراتین صورت گرفته است که در این پژوهش به آن پرداخته شد (۳).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که PNF همراه با مصرف مکمل کراتین، تأثیر بیشتری نسبت به اجرای صرف تمرینات PNF داشت. این نتایج به‌طور ویژه‌ای با تحقیقاتی که اثر مصرف مکمل کراتین را بررسی کرده‌اند همخوانی دارد. این پژوهش‌ها برتری تمرینات ورزشی همراه با مصرف مکمل را نسبت به تمرینات صرف در بهبود فاکتورهای عملکردی مختلف نشان داده‌اند. دلیل این برتری را می‌توان به تجمع مزایای تمرین و مکمل نسبت داد. با توجه به اینکه کراتین در دامنه‌ی خاصی موجب بهبود عملکردهای ورزشی می‌شود: تمرین و فعالیت باید بی‌هوازی و بیشینه باشد؛ مدت‌زمان اجرای فعالیت باید به‌اندازه‌ای طول بکشد که از ذخایر افزایش‌یافته‌ی کراتین ناشی از مصرف مکمل نهایت استفاده برده شود. چنانچه زمان فعالیت خیلی کوتاه باشد، ذخایر فسفوکراتین بیش از مقداری که برای تأمین انرژی باشد تخلیه نمی‌شود. مدت فعالیت باید کوتاه باشد تا مسیرهای گلیکولیز و هوازی برای تأمین سوخت و انرژی فعال نشوند. باید ریکاوری مناسب بین وهله‌های فعالیت در نظر گرفته شود تا زمان کافی برای بازسازی ذخایر فسفوکراتین وجود داشته باشد. شایان توجه است که مصرف مکمل‌های کراتینی به‌طور مستقیم نمی‌تواند موجب افزایش قدرت و حجم عضلانی شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات PNF به‌دلیل وجود انقباض بیشینه در عضلات و دارا بودن دامنه‌ی خاصی که مکمل کراتین در آن مؤثر است، می‌تواند موجب بهبود بیشتر در افزایش دامنه‌ی حرکتی و قدرت عضلات گردد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

این تحقیق هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، ساسان حسینی؛ روش‌شناسی، علیرضا ایزدی؛ تحلیل، معصومه حسینی؛ تحقیق، علیرضا ایزدی؛ گردآوری داده‌ها، ندا بدر؛ نگارش - تهیه پیش‌نویس اصلی، ندا بدر؛ نظارت، معصومه حسینی؛ مدیریت پروژه، ساسان حسینی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از مسئولین دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی واحد تهران جنوب، به خاطر حمایتشان در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

1. Lucas RC, Koslow R. Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Percept Mot Skills*. 1984;58(2):615-8. doi: [10.2466/pms.1984.58.2.615](https://doi.org/10.2466/pms.1984.58.2.615)
2. Funk DC, Swank AM, Mikla BM, Fagan TA, Farr BK. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res*. 2003;17(3):489-92. doi: [10.1519/1533-4287\(2003\)017<0489:iopcoh>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0489:iopcoh>2.0.co;2)
3. Wallin D, Ekblom B, Grahm R, Nordenborg T. Improvement of muscle flexibility. A comparison between two techniques. *Am J Sports Med*. 1985 ;13(4):263-8. doi: [10.1177/036354658501300409](https://doi.org/10.1177/036354658501300409)
4. Caplan N, Rogers R, Parr MK, Hayes PR. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *J Strength Cond Res*. 2009;23(4):1175-80. doi: [10.1519/JSC.0b013e318199d6f6](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318199d6f6)
5. Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Br J Sports Med*. 2004;38(4):E18. doi: [10.1136/bjsm.2003.010967](https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.010967)
6. Lim KI, Nam HC, Jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(2):209-13. doi: [10.1589/jpts.26.209](https://doi.org/10.1589/jpts.26.209)
7. Teixeira de Carvalho F, de Andrade Mesquita LS, Pereira R, Neto OP, Amaro Zangaro R. Pilates and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Methods Induce Similar Strength Gains but Different Neuromuscular Adaptations in Elderly Women. *Exp Aging Res*. 2017 Oct-Dec;43(5):440-452. doi: [10.1080/0361073X.2017.1369624](https://doi.org/10.1080/0361073X.2017.1369624)
8. Oliveira LP, Vieira LHP, Aquino R, Manechini JPV, Santiago PRP, Puggina EF. Acute Effects of Active, Ballistic, Passive, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Sprint and Vertical Jump Performance in Trained Young Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(8):2199-2208. doi: [10.1519/JSC.0000000000002298](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002298)
9. Antonio J, Ciccone V. The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013 ;10:36.. 2020;107:106429. doi: [10.1186/1550-2783-10-36](https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-36)
10. Alves CR, Merege Filho CA, Benatti FB, Brucki S, Pereira RM, de Sá Pinto AL, et al. Creatine supplementation associated or not with strength training upon emotional and cognitive measures in older women: a randomized double-blind study. *PLoS One*. 2013 ;8(10):e76301. doi: [10.1371/journal.pone.0076301](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076301)
11. Aguiar AF, Januário RS, Junior RP, Gerage AM, Pina FL, do Nascimento MA, et al. Long-term creatine supplementation improves muscular performance during resistance training in older women. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):987-96. 2020 ;32(7-8):616-624. doi: [10.1007/s00421-012-2514-6](https://doi.org/10.1007/s00421-012-2514-6)