Investigating the effectiveness of hamstring stretching exercises and methods with a rehabilitation approach: A systematic review

Received:
2025/05/06
Accepted:
2025/06/04
Online ISSN
3060-7078

Shirin Aali[1]
1.Department of Sport Science Education, Farhangian University, Tehran, Iran.
Mahsa Nabati Sefidehkhan[3]
3.Department of Sports Biomechanics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Mahshid Yousefi[5]
5.Department of Sports Biomechanics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Correspondence:
Shirin Aali
Email: sh.aali@cfu.ac.ir
https://orcid.org/0000-0002-8148-1883

ABSTRACT

Objectives and Study Background:
Hamstring flexibility has vital role in knee function and lower-limb mobility and significantly influences athletic performance and daily activities. Reduced hamstring flexibility has been associated with several musculoskeletal problems, including low back pain and hamstring injuries, and is estimated to contribute to 12–16% of sports-related injuries. Various stretching techniques, including static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF), and active stretching, are commonly used to improve flexibility, increase range of motion (ROM), and prevent injuries. However, there is still debate regarding the underlying mechanisms and the most effective stretching protocols.

Review Methods and Data Sources:
This systematic review aimed to evaluate the effectiveness of different hamstring stretching methods in rehabilitation and injury prevention. A comprehensive search of the literature published between 2010 and 2024 identified 16 studies with moderate to excellent methodological quality. These studies were analyzed for outcomes related to flexibility, range of motion, and injury prevention.

Findings:
Static stretching emerged as the most commonly used technique, providing short-term improvements in flexibility but showing limited long-term effectiveness. In contrast, PNF stretching demonstrated superior long-term benefits, although it typically requires therapist assistance. Active stretching was associated with rapid improvements in ROM and appears particularly beneficial for athletes. Although the optimal duration of stretching remains unclear, both 15-second and 30-second holds showed positive outcomes. Furthermore, combining stretching with adjunct therapies such as electrical stimulation or myofascial release produced more favorable results.

Conclusion: Overall, this review indicates that different stretching techniques provide distinct advantages. Therefore, individualized stretching programs tailored to specific needs and goals are recommended to achieve optimal results.

Keywords: Hamstring, Stretching Techniques, Rehabilitation, Stretching

Extended Abstract

Introduction:

The hamstring muscles play a critical role in knee flexion and lower-limb function, making them essential for both athletic performance and daily activities. Clinical evidence indicates that limited hamstring flexibility is prevalent among both athletes and the general population and is often associated with musculoskeletal problems such as low back pain and altered lumbopelvic mechanics. Hamstring injuries account for approximately 12–16% of all sports-related injuries, particularly in sports that require rapid acceleration, highlighting their clinical significance.

Muscle stiffness in the hamstrings may result from increased passive tension caused by postural adaptations or from active tension due to muscle spasms. When stiffness leads to biomechanical imbalances, it can contribute to overuse injuries and reduced mobility. Several risk factors predispose individuals to hamstring injuries, including reduced flexibility, deficits in eccentric strength, poor core stability, and a history of previous injury.

Stretching is widely used in sports medicine and rehabilitation to enhance flexibility, increase range of motion (ROM), and reduce the risk of injury. Common stretching techniques include static stretching, dynamic stretching, ballistic stretching, active stretching, and proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF). Among these, static stretching and PNF are the most frequently applied. However, the mechanisms through which stretching improves flexibility remain debated. Some theories suggest structural changes in muscle–tendon stiffness, whereas others emphasize neural adaptations that increase stretch tolerance. Furthermore, there is no consensus regarding the optimal duration of stretching, as studies report benefits from both 15-second and 30-second holds. Given these uncertainties, this systematic review aims to evaluate the effectiveness of different hamstring stretching techniques in rehabilitation and injury prevention and to provide evidence-based recommendations for clinical practice.

Methodology:

This systematic review followed the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines to ensure methodological rigor. A comprehensive literature search was conducted across multiple databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar, covering studies published between 2010 and 2024. Keywords such as hamstring, stretching technique, rehabilitation, physical therapy, and exercise were used to identify relevant studies.

The inclusion criteria consisted of randomized controlled trials (RCTs), quasi-experimental studies, and clinical trials that examined the effects of stretching on hamstring flexibility, range of motion, or injury prevention in healthy or injured populations. Studies involving animal models, case reports, or those combining stretching with other interventions (e.g., electrotherapy) were excluded.

The methodological quality of the studies was assessed using the McMaster Critical Review Form, which evaluates methodological rigor across 17 criteria, including study design, sample size justification, outcome reliability, and statistical analysis. Based on the scoring system, studies were categorized as poor (0–8), moderate (9–10), good (11–12), very good (13–14), or excellent (15–16). From an initial pool of 87 studies, 16 met the inclusion criteria and were selected for final analysis. Data extraction focused on stretching techniques, intervention duration, outcome measures, and key findings.

Findings:

The analysis indicated that static stretching, PNF stretching, and active stretching all improve

hamstring flexibility; however, their applications differ depending on the desired outcomes and practical considerations. Static stretching offers simplicity and convenience, PNF stretching provides greater long-term improvements, and active stretching produces rapid gains in ROM. These characteristics make each technique suitable for different rehabilitation and performance contexts. Additionally, variations in optimal stretching duration and the enhanced effects observed with combined interventions highlight the importance of individualized stretching programs tailored to specific needs and goals.

Discussion:

The systematic analysis of 16 high-quality studies provided valuable insights into the effectiveness of different hamstring stretching techniques. Among the methods examined, static stretching emerged as the most commonly used approach, largely due to its simplicity and minimal equipment requirements. Research by Maras et al. (2024) demonstrated that static stretching significantly improves ROM and reduces muscle stiffness. However, Eftekhar et al. (2015) reported that these benefits may diminish over time compared with other techniques, suggesting that static stretching may be more suitable for short-term flexibility gains rather than long-term maintenance.

In contrast, proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching demonstrated superior long-term benefits for both flexibility and ROM, as reported by Zaidi et al. (2023) and Trampas et al. (2010). The effectiveness of PNF is attributed to its unique mechanism, which combines voluntary muscle contraction with passive stretching to inhibit neural reflexes that typically limit stretch tolerance. Despite its advantages, a limitation of PNF stretching is its reliance on therapist assistance, which may reduce its practicality for individuals performing independent stretching routines.

Active stretching is another effective technique that involves the activation of agonist muscles (such as the quadriceps) to facilitate hamstring lengthening. Ayala et al. (2013) reported that active stretching leads to faster improvements in ROM compared with static stretching, making it particularly beneficial for athletes who require rapid recovery and performance enhancement.

The review also examined the optimal duration of stretching and found a lack of consensus among studies. Some research, such as Piqueras-Rodríguez et al. (2016), suggested that 15-second holds are sufficient, whereas other studies, including Youdas et al. (2010), reported greater effectiveness with 30-second holds. These inconsistencies may be attributed to differences in study populations, stretching protocols, and measurement techniques.

Furthermore, the analysis highlighted the effectiveness of combined interventions in which stretching was paired with adjunct therapies such as electrical stimulation or myofascial release. Studies by Piqueras-Rodríguez et al. (2016) and Trampas et al. (2010) demonstrated that these combined approaches produced superior outcomes compared with stretching alone, emphasizing the potential benefits of multimodal strategies in rehabilitation and injury prevention.

Regarding the mechanisms underlying improvements in flexibility, the review identified two main explanations. Some studies, such as Kong (2023), attributed flexibility gains to structural changes, including reduced tendon stiffness and increased tissue elasticity. In contrast, other research, such as Sairyo et al. (2013), emphasized neural adaptations, including increased stretch tolerance and altered reflex responses. These findings suggest that both mechanical and neurological mechanisms contribute to the effectiveness of stretching, with their relative influence potentially varying depending on the technique used and individual characteristics.

Conclusion:

This systematic review confirms that hamstring stretching is effective for improving flexibility, enhancing range of motion, and reducing the risk of injury. Among the techniques reviewed, PNF stretching appears to provide the most durable improvements, whereas active stretching is particularly

effective for rapid gains in athletes. Static stretching remains a practical option for general use but may need to be combined with other techniques to achieve long-term effectiveness.

بررسی اثربخشی تمرینات و روش‌های کششی همسترینگ با رویکرد توانبخشی: مروری سیستماتیک

تاریخ ارسال:
۱۴۰۴/۰۲/۱۶
تاریخ پذیریش:
۱۴۰۴/۰۳/۱۴
شاپا الکترونیکی
۳۰۶۰-۷۰۷۸

شیرین عالی[۱]
۱- گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.
مهسا نباتی سفیده خوان[۳]
۳-گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
مهشید یوسفی[۵]
۵-گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول:
شیرین عالی
ایمیل:
sh.aali@cfu.ac.ir
https://orcid.org/0000-0002-8148-1883

چکیده

اهداف و زمینه مطالعه:
انعطاف‌پذیری همسترینگ برای عملکرد زانو و تحرک اندام تحتانی حیاتی است و بر عملکرد ورزشی و فعالیت‌های روزانه تأثیر می‌گذارد. کاهش انعطاف‌پذیری با مشکلات اسکلتی-عضلانی (مانند کمردرد) و آسیب‌های همسترینگ مرتبط است و ۱۲ تا ۱۶ درصد از آسیب‌های مرتبط با ورزش را تشکیل می‌دهد. کشش استاتیک، تسهیل عصبی-عضلانی حس عمقی و کشش فعال برای بهبود انعطاف‌پذیری، دامنه حرکتی و پیشگیری از آسیب استفاده می‌شوند. با این حال، بحث‌ها در مورد مکانیسم‌ها و پروتکل‌های بهینه آنها همچنان ادامه دارد.

روش‌های مرور و منابع داده‌ها:
این بررسی سیستماتیک، اثربخشی روش‌های مختلف کشش همسترینگ را در توانبخشی و پیشگیری از آسیب ارزیابی می‌کند. جستجوی جامع متون منتشر شده از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، شانزده مطالعه با کیفیت روش‌شناسی از متوسط تا عالی را شناسایی کرد که برای نتایج مربوط به انعطاف‌پذیری، دامنه حرکتی و پیشگیری از آسیب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته ها:
کشش استاتیک به عنوان پرکاربردترین روش پدیدار شد که بهبودهای انعطاف‌پذیری کوتاه‌مدت را فراهم می‌کند اما اثربخشی بلندمدت محدودی دارد. کشش PNF مزایای بلندمدت بهتری را نشان داد. کشش فعال، افزایش سریع دامنه حرکتی را نشان داد. مدت زمان بهینه کشش هنوز مشخص نیست و ترکیب کشش با درمان‌های کمکی مانند تحریک الکتریکی یا آزادسازی میوفاشیال نتایج بهتری را به همراه داشت.

نتیجه گیری:
به طور کلی، این بررسی نشان می‌دهد که تکنیک‌های مختلف کشش مزایای متفاوتی را ارائه می‌دهند، که شخصی‌سازی برنامه‌های کششی بر اساس نیازها و اهداف فردی برای نتایج بهینه توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: همسترینگ، تکنیک کششی، توانبخشی، کشش

مقدمه:

عضلات همسترینگ عمدتاً مسئول خم کردن زانو هستند و بنابراین نقش مهمی در عملکرد طبیعی فعالیت‌های عملکردی دارند (۱). مشاهدات بالینی نشان داده است که انعطاف‌پذیری محدود همسترینگ در میان مردم عام و همچنین ورزشکاران بسیار رایج است و با تغییرات مختلف اسکلتی–عضلانی، از جمله اختلالات ستون فقرات کمری، مانند کمردرد و تغییرات در ریتم کمری–لگنی مرتبط است (۲, ۳). با توجه به این وضعیت، آسیب‌های همسترینگ ۱۲ تا ۱۶ درصد از کل آسیب‌های ورزشی که نیاز به شتاب دارند را تشکیل می‌دهند و از جمله شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی هستند (۴).

سفتی عضلانی زمانی رخ دهد که افزایش تنش فعال یا غیرفعال عضلات وجود داشته باشد. این می‌تواند به صورت غیرفعال از طریق سازگاری وضعیتی که می‌تواند باعث کوتاه شدن عضلات شود، یا به صورت فعال از طریق اسپاسم یا انقباض عضلات رخ دهد (۵). وقتی بیومکانیک همسترینگی که درگیر سفتی شده باعث ایجاد نیروهای نامتعادل در مفاصل اندام تحتانی شود، سندرم‌های استفاده بیش از حد[1] می‌تواند رخ دهد و تحرک ناکارآمد می‌شود (۶, ۷). عوامل زیادی به عنوان عوامل ایجاد کننده آسیب‌های همسترینگ مطرح شده‌اند، از جمله کاهش انعطاف‌پذیری، نقص یا عدم تقارن در قدرت همسترینگ برون‌گرا، ثبات ضعیف عضلات مرکزی بدن شامل عضلات سرینی و تنه و آسیب‌های همسترینگی که در گذشته برای فرد اتفاق افتاده بود (۸, ۹).

تمرینات کششی در پزشکی ورزشی و فیزیوتراپی برای بهبود انعطاف‌پذیری همسترینگ و دامنه حرکتی مفصل و افزایش نتایج توانبخشی استفاده شده‌اند (۱۰) و می‌تواند به جلوگیری از آسیب در زندگی روزمره یا ورزش، کاهش درد عضلانی و بهبود توانایی عضلات و عملکرد ورزشی کمک کند (۱۱). تکنیک‌های کشش به کشش ایستا، کشش پویا، خودکششی فعال، کشش بالستیک تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی[2] تقسیم می‌شوند.

رایج‌ترین تکنیک‌ها، کشش ایستا و کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی هستند (۱۲). تکنیک کشش ایستا پرکاربردترین روشی است که با مهار خودزاد و تحریک اندام گلژی–تاندون، طول عضله را افزایش می‌دهد و اثرات آن توسط مطالعات متعددی اثبات شده است (۱۳). مقاومت در برابر کشش عضلانی–تاندونی نه تنها شامل خواص ویسکوالاستیک عضله و بافت همبند، بلکه شامل رفلکس عصبی و اجزای ارادی انقباض عضلانی نیز می‌شود. تکنیک کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی با انجام انقباض ارادی عضله و تقویت شل شدن عضلات قبل از کشش، دامنه حرکتی مفصل را افزایش می‌دهد تا اجزای رفلکسی که باعث انقباض عضله می‌شوند را کاهش دهد (۱۴).

منطق پشت چگونگی افزایش انعطاف‌پذیری توسط حرکات کششی هنوز مشخص نیست. توضیحات فعلی نشان می‌دهد که حرکات کششی از طریق مکانیسم‌هایی از جمله کاهش سفتی عضله و تاندون، انعطاف‌پذیری را بهبود می‌بخشد (۱۵). برخی مطالعات نشان می‌دهند که کشش، ویسکوزیته تاندون‌ها را کاهش می‌دهد تا خاصیت ارتجاعی بافت را افزایش دهد (۱۶). با این حال، این کاهش در سفتی تاندون با یافته‌های مطالعات دیگری که در عوض تغییراتی در سفتی عضلات یافته‌اند، در تضاد است (۱۷).

گذشته از تغییرات بافت نرم، افزایش تحمل کشش پس از تمرینات کششی، همبستگی قوی با تغییرات دامنه حرکتی نشان داد (۱۷). همچنین فرض می‌شود که کشش از طریق سازگاری‌های ساختاری عضلات و سایر بافت‌های نرم منجر به تغییراتی می‌شود (۱۸). در عمل، تغییرات بلندمدت در مقایسه با اثرات حاد، به انتقال عملکردی بیشتری منجر می‌شوند و بنابراین اهمیت بیشتری

[1] Overuse
[2] Proprioceptive neuromuscular facilitation

دارند (۱۹). همچنین هیچ توافق یکسانی در مورد مدت زمان کشش وجود ندارد؛ برخی مطالعات اثربخشی بیشتر را پس از ۱۵ ثانیه و برخی دیگر پس از ۳۰ ثانیه گزارش کرده‌اند. علاوه بر این، هیچ تفاوت معنی‌داری در مورد موقعیت کشش یافت نشده است (۲۰-۲۲).

هدف اصلی یک برنامه توانبخشی همسترینگ، بازگرداندن ورزشکار به ورزش در سطح عملکرد قبلی با حداقل خطر عود آسیب است. دستیابی به این هدف مستلزم در نظر گرفتن نقص‌های اسکلتی-عضلانی ناشی از آسیب (مانند تورم، درد، ضعف، از دست دادن دامنه حرکتی) و همچنین عوامل خطری است که ممکن است قبل از آسیب وجود داشته باشند (۲۳). در حالی که سن فرد و سابقه قبلی کشیدگی همسترینگ به طور مداوم به عنوان عوامل خطر آسیب شناخته شده‌اند، هر کدام غیرقابل اصلاح هستند (۲۴, ۲۵). عوامل خطر قابل اصلاح پیشنهادی شامل ضعف همسترینگ (۲۶, ۲۷)، خستگی و عدم انعطاف‌پذیری است، و عدم تعادل قدرت بین همسترینگ (خارج از مرکز) و چهارسر ران (متمرکز) بیشترین حمایت را از شواهد دارد (۲۸, ۲۹). در نتیجه، برنامه‌های توانبخشی فعلی معمولاً شامل ترکیبی از مداخلات هدفمند بر روی هر یک از این عوامل قابل اصلاح هستند (۳۰).

با توجه به اهمیت انعطاف‌پذیری همسترینگ در بخش توانبخشی و پیشگیری از آسیب‌ها، بهبود عملکرد، و با در نظر گرفتن تناقضات موجود در مطالعات پیشین درباره مکانیسم‌های مؤثر کشش (مانند تغییرات بافت نرم یا تحمل عصبی)، لذا، این مرور سیستماتیک با هدف ارزیابی و مقایسه اثربخشی روش‌های رایج کششی همسترینگ انجام شد تا راهکار بهینه برای توانبخشی و تمرینات پیشگیرانه مشخص شود.

روش تحقیق:

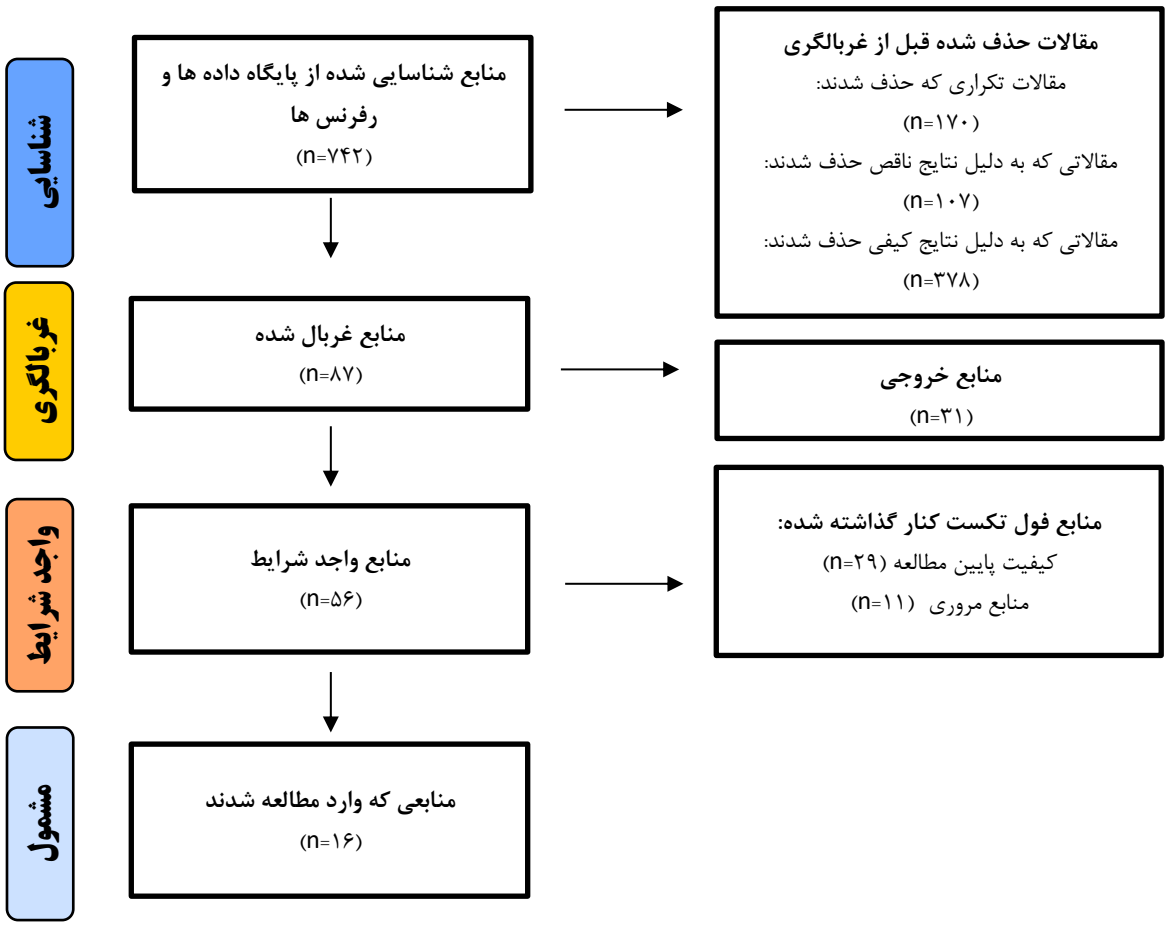
این مطالعه با هدف بررسی سیستماتیک اثربخشی تمرینات و روش‌های کششی همسترینگ در حیطه توانبخشی طراحی شده بود که در سال ۱۴۰۴ در دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. در این پژوهش، از دستورالعمل استاندارد پریزما به عنوان چارچوب روش شناختی برای اجرای مرور سیستماتیک استفاده گردید. فرآیند انتخاب مقالات بر اساس پروتکل پریزما در چهار مرحله اصلی شامل شناسایی منابع، غربالگری اولیه، ارزیابی صلاحیت مقالات و نهایتاً انتخاب مطالعات نهایی انجام پذیرفت که این روند به صورت شماتیک در شکل ۱ ارائه شده است (۳۱).

برای جمع‌آوری داده‌ها، جستجوی جامعی در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر از جمله PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar انجام شد. همچنین پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی مانند Magiran، SID و Noormags نیز مورد بررسی قرار گرفتند. در این جستجو از کلیدواژه‌های فارسی و انگلیسی مرتبط با موضوع تحقیق استفاده شد که شامل عباراتی مانند همسترینگ، تکنیک کششی، توانبخشی، ورزش، hamstring, stretching technique, rehabilitation, physical therapy, exercise, stretch بودند. محدوده زمانی جستجو مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ را در بر می‌گرفت.

مطالعات وارد شده به این مرور سیستماتیک می‌بایست معیارهای خاصی را دارا می‌بودند. از جمله این معیارها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مطالعات می‌بایست از نوع کارآزمایی‌های بالینی تصادفی‌سازی شده یا مطالعات شبه‌تجربی می‌بودند، به بررسی تأثیر تمرینات کششی و تقویتی همسترینگ پرداخته باشند، بر روی نمونه‌های انسانی (اعم از ورزشکاران، غیرورزشکاران یا بیماران با مشکلات عضلانی) انجام شده باشند و دارای متن کامل به زبان فارسی یا انگلیسی باشند. از طرف دیگر، مطالعاتی که بر روی حیوانات انجام شده بودند، مقالات مروری، مطالعات موردی و پژوهش‌هایی که تمرینات کششی را همراه با سایر مداخلات بررسی کرده بودند، و همچنین مطالعات شامل بیماران با شرایط پزشکی خاص نظیر اماس یا بارداری از دایره بررسی خارج شدند تا

اطمینان حاصل شود که نتایج به دست آمده صرفاً بازتاب تأثیر تمرینات کششی همسترینگ می‌باشد. فرآیند انتخاب مقالات در چند مرحله انجام گرفت. در مرحله اول، تمامی مقالات مرتبط شناسایی شدند. سپس مقالات تکراری حذف گردیدند. در مرحله بعد، عنوان و چکیده مقالات باقی‌مانده بر اساس معیارهای ورود و خروج غربالگری شدند. پس از آن، متن کامل مقالات واجد شرایط مورد بررسی دقیق قرار گرفت و در نهایت مطالعات منتخب برای تحلیل نهایی انتخاب شدند.

پرسشنامه مک‌مستر به‌عنوان ابزاری کمّی جهت سنجش کیفیت روش‌شناسی پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. این ابزار متشکل از ۱۷ معیار است (۳۲). مؤلفه‌های ارزیابی شامل اهداف پژوهش، طراحی مطالعه، روش نمونه‌گیری، سنجش پیامدها، نوع مداخله، یافته‌ها و استنتاج‌های مطالعه بودند که بر اساس چک‌لیست استاندارد بررسی نقادانه مطالعات کمّی تحلیل شدند. در نظام نمره‌دهی، هر معیار در صورت تحقق، امتیاز «۱» و در غیر این صورت امتیاز «۰» دریافت می‌کرد. کیفیت روش‌شناسی هر مطالعه با جمع امتیازات کل تعیین و به صورت زیر طبقه‌بندی شد: امتیاز ۰ تا ۸ (ضعیف)، ۹ تا ۱۰ (متوسط)، ۱۱ تا ۱۲ (خوب)، ۱۳ تا ۱۴ (بسیار خوب) و ۱۵ تا ۱۶ (عالی). نتایج مربوط به معیار سوم این پرسشنامه در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۱: نمودار فلوچارت PRISMA برای بررسی مروری نظام مند که جزئیات جستجوهای پایگاه داده، تعداد چکیده های غربال شده و متون کامل بازیابی شده را نشان می دهد.

جدول ۱: آیتم‌ها و توصیف آن‌ها در پرسشنامه بررسی انتقادی MacMaster برای مطالعات کمی

ردیف	آیتم: توصیف
۱	هدف: آیا هدف به وضوح بیان شد؟
۲	بررسی ادبیات: آیا ادبیات زمینه مرتبط بررسی شد؟
۳	طراحی مطالعه: نوع طرح مطالعه چیست؟
۴	توجیه حجم نمونه: آیا نحوه تعیین تعداد نمونه توجیه شده بود؟
۵	حجم نمونه: آیا نمونه با جزئیات شرح داده شده است؟
۶	پایایی اندازه گیری نتیجه: آیا معیارهای نتیجه قابل اعتماد بودند؟
۷	اعتبار نتیجه: آیا معیارهای نتیجه معتبر بودند؟
۸	مداخله به تفصیل شرح داده شد: مداخله با جزئیات شرح داده شد؟
۹	سوگرایی عملکرد: از انتقال اثر مداخله جلوگیری شد؟
۱۰	مداخله مشترک: از مداخله مشترک اجتناب شد؟
۱۱	معنی داری آماری : نتایج از نظر معناداری آماری گزارش شده است؟
۱۲	تجزیه و تحلیل آماری: آیا روش(های) تجزیه و تحلیل مناسب بود؟
۱۳	اهمیت بالینی: اهمیت بالینی گزارش شده است؟
۱۴	معیارهای خروج: معیارهای خروج گزارش شده است؟
۱۵	نتیجه گیری: آیا نتیجه گیری با توجه به روش ها و نتایج مطالعه مناسب بود؟
۱۶	پیامدهای بالینی: آیا پیامدهای این نتایج برای مباحث بالینی گزارش شده است؟
۱۷	محدودیت های مطالعه: آیا محدودیت ها یا سوگیری های اصلی در مطالعه گزارش شده است؟

برای گزینش نهایی مقالات در این پژوهش مروری، از روشی که شامل سه مرحله بود استفاده شد که شامل ارزیابی بر اساس عنوان، چکیده و محتوای کامل مقاله با نظارت دو پژوهشگر مستقل انجام شد (نمودار ۱). در مواردی که بین نظرات این دو محقق اختلاف وجود داشت، نظر پژوهشگر سوم به عنوان رأی قطعی در نظر گرفته می‌شد. از بین ۷۴۲ مقاله اولیه، در مرحله اول ۶۵۵ پژوهش به دلیل عدم تناسب با اهداف تحقیق (مطالعه اثربخشی روش‌های مختلف کششی همسترینگ) حذف گردیدند. در گام بعدی، از ۸۷ مقاله باقیمانده، ۳۱ مورد به دلایلی شامل انتشار به صورت خلاصه کنفرانسی، عدم دسترسی به متن کامل یا قرار نگرفتن در بازه زمانی مورد نظر (۲۰۱۰–۲۰۲۴) کنار گذاشته شدند. در مرحله نهایی، از ۵۶ مقاله واجد شرایط، ۲۹ پژوهش دیگر به دلیل کیفیت پایین و ۱۱ پژوهش به دلیل تمرکز بر متغیرهای خارج از اهداف مطالعه (مانند بررسی داروهای غیرمرتبط) حذف شدند و در نهایت ۱۶ مقاله تمامی شرایط ورود به این تحقیق را دارا بودند و مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها:

پس از فرآیند جستجو و غربالگری اولیه که منجر به شناسایی ۸۷ مقاله مرتبط گردید، نهایتاً ۱۶ مقاله بر اساس معیارهای ورود جهت آنالیز نهایی انتخاب گردید. جدول ۲، امتیازات مقالات مرور شده را نشان می‌دهد. جزییات مقالاتی که مورد ارزیابی قرار گرفتند؛ در جدول ۳ نمایش داده شده است. از ۱۶ مقاله مطالعه شده، ۴ مقاله دارای کیفیت عالی، ۸ مقاله دارای کیفیت بسیار خوب، ۳ مقاله خوب و ۱ مقاله امتیاز متوسط را گرفتند. لازم به ذکر است که تمامی مقالات مورد مطالعه در پژوهش حاضر نشان داده شده است که تمرینات کششی و توانبخشی می‌تواند منجر به کشش عضلات همسترینگ و افزایش انعطاف‌پذیری شود. در

مقالات استفاده شده هم از جنس زن و هم از جنس مرد به عنوان آزمودنی استفاده شده بود. میانگین سنی در پژوهش‌ها بین ۱۱ تا ۷۵ سال بود. از بین مقالات بررسی شده ۶ تا از نوع کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده، ۲ تا طراحی اندازه‌گیری تکراری، ۲ مطالعه بالینی، ۲ مطالعه از نوع تجربی و نیمه تجربی، ۱ مقاله از نوع مطالعه آزمایشی و ۱ مطالعه از نوع طرح تصادفی بوده است و در ۲ مطالعه نوع طرح تحقیق بیان نشده بود. در مطالعه حاضر در ۶۲٪ مطالعات از کشش ایستا و در ۴۴٪ از کشش تسهیل عصبی-عضلانی ، در ۲۵٪ از کشش فعال و در باقی مطالعات از روش‌های کششی مرسوم دیگر با درصد پایین‌تر استفاده شده بود (در برخی مطالعات از بیش از یک روش کششی استفاده شده بود). نتایج نشان دهنده این است که تمرینات کششی مختلف می‌تواند باعث کاهش درد، بهبود فعالیت الکتریکی عضلات و رفع کوتاهی و سفتی عضلات همسترینگ شده و باعث افزایش انعطاف‌پذیری شود.

جدول ۲: امتیازات مقالات بر اساس پرسشنامه بررسی انتقادی MacMaster

ردی ف	نویسنده/سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	جمع امتیازا
۱	Maras و همکاران/۲۰۲۴	۱	۱	N/A*	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۵
۲	Zaidi و همکاران/۲۰۲۳	۱	۱	N/A	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۵
۳	۲۰۲۳/Kong	۱	۱	N/A	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۳
۴	۲۰۲۰/Nuhmani	۱	۱	N/A	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱۲
۵	Piqueras-Rodríguez و همکاران/۲۰۱۶	۱	۱	N/A	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۵
۶	Sharma و همکاران/۲۰۱۶	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۷	افتخاری و همکاران/۲۰۱۵	۱	۱	N/A	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۹
۸	Il Lim و همکاران/۲۰۱۴	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱۳
۹	Janse Van Rensburg و همکاران/۲۰۱۴	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱۱
۱۰	Ayala و همکاران/۲۰۱۳	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱۳
۱۱	Sairyo و همکاران/۲۰۱۳	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱۳
۱۲	P Borman و همکاران/۲۰۱۱	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۱۳	Puentedura و همکاران/۲۰۱۱	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱۲
۱۴	Meroni و همکاران/۲۰۱۰	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۱۵	Trampas و همکاران/۲۰۱۰	۱	۱	N/A	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۵
۱۶	Youdas و همکاران/۲۰۱۰	۱	۱	N/A	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴

* (N/A): آیتم ۳ پرسشنامه در (جدول ۴ جزئیات مقالات ارزیابی شده) پاسخ داده شده است و امتیازی در نظر گرفته نشده است.

جدول ۳: جزئیات مقالات ارزیابی شده

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
۱	Maras و همکاران/۲۰۲۴/ Bodywork & Movement Therapies (4)	مقایسه اثر ۴ هفته‌ای تحرک بافت نرم با کمک ابزار و کشش استاتیک بر قدرت، دامنه حرکتی، انعطاف‌پذیری و آستانه تحمل درد در کوتاهی عضله همسترینگ	مطالعه بالینی	۱۹ زن و ۲۶ مرد (۳ گروه (n=۱۵)/ ±۵.۳۳ ۲۵.۹۳ سال	دینامومتر دستی، شیب‌سنج دیجیتال، متر دیجیتال	کشش استاتیک و تحرک بافت نرم با کمک ابزار	این مطالعه نشان داد که بر اساس نتایج اندازه‌گیری بلافاصله پس از جلسه اول و اندازه‌گیری انجام شده دو روز پس از جلسه بیستم، افزایش آماری معنی‌داری در تمام پارامترها در گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل وجود داشت.	هر دو مداخله تأثیر مثبتی بر قدرت، دامنه حرکتی، انعطاف‌پذیری و آستانه تحمل درد که ارزیابی شده بود، داشت و تأثیر به دست آمده با افزایش تعداد جلسات به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.
۲	Zaidi و همکاران/۲۰۲۳/ Clinical Medicine (33)	بررسی اثربخشی فوری و طولانی مدت تسهیل عصبی عضلانی و کشش استاتیک در دامنه حرکت حرکت ، انعطاف پذیری و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات زانو در بزرگسالان مسن	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۳۰ مرد/ دامنه سنی ۵۵ تا ۷۵ سال (۳گروه)	الکترومایوگرافی، گونیامتر	کشش ایستا و تسهیل عصبی- عضلانی حس عمقی (انقباض- ریلکس)	کشش PNF تأثیر فوری و همچنین طولانی‌مدتی بر دامنه حرکتی زانو و انعطاف‌پذیری همسترینگ دارد، در حالی که فقط تأثیر طولانی‌مدتی بر فعالیت الکترومیوگرافی عضلات دارد. کشش SS تأثیر فوری و همچنین طولانی‌مدتی بر دامنه حرکتی زانو و فقط تأثیر طولانی‌مدتی بر انعطاف‌پذیری همسترینگ دارد، بدون هیچ تأثیر فوری یا طولانی‌مدتی بر فعالیت الکترومیوگرافی عضلات.	تکنیک کششی PNF-CR برای اثرات فوری بر دامنه حرکتی فعال زانو و انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ و برای اثرات بلندمدت بر فعالیت و انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ بهتر است. کشش استاتیک فقط برای اثرات بلندمدت انعطاف‌پذیری بهتر است.

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
۳	Human /۲۰۲۳/Kong Movement and Sports Sciences (34)	تأثیر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر طول همسترینگ و خاصیت ارتجاعی عضله	تجربی	۴۵ مرد (۳ گروه)/ –	شیب‌سنج دیجیتال، دستگاه سنجش تون عضلانی	کشش غیرفعال، تمرین زنجیره حرکتی بسته اکسنتریک، تمرین زنجیره حرکتی بسته کانسنتریک	تمام روش‌های ورزشی به طور قابل توجهی طول همسترینگ را افزایش دادند. بر اساس دوره تمرین، در گروه‌های تمرینی متمرکز و غیرمتمرکز، تفاوت‌هایی در خاصیت ارتجاعی وجود داشت، اما در گروه کششی این تفاوت‌ها مشاهده نشد. پس از ۲ هفته، گروه تمرین متمرکز کاهش قابل توجهی در خاصیت ارتجاعی عضله نشان داد.	پیشنهاد می‌شود که تمرین زنجیره حرکتی کانسنتریک با استفاده از اسلینگ، یک روش مداخله ورزشی مؤثر در تلاش برای افزایش طول همسترینگ و کاهش خاصیت ارتجاعی آن باشد.
۴	/۲۰۲۰/Nuhmani Complementary and Integrative Medicine (35)	آیا تحرک بافت نرم به کشش استاتیک برای بهبود انعطاف‌پذیری همسترینگ کمک می‌کند؟	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۷۸ مرد دانشجو/ میانگین سنی ۲۴ سال	گونیومتر، لوله pvc، گونیومتر ثابت (سنجش دامنه حرکتی)	تحرک بافت نرم و کشش استاتیک	هر دو گروه در مقایسه با اندازه‌گیری‌های اولیه، بهبود معنی‌داری در باز شدن فعال زانو نشان دادند. با تجزیه و تحلیل درون گروهی، تفاوت معنی‌داری در باز شدن فعال زانو در تمام دوره‌های زمانی اندازه‌گیری شده (هفته‌های ۴، ۸ و ۱۲) با پیش‌آزمون در هر دو گروه مشاهده شد ($p<0.05$).	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تحرک بافت نرم، انعطاف‌پذیری همسترینگ را در افراد سالم به طور قابل توجهی بهبود نمی‌بخشد. اگرچه این مطالعه قابل تعمیم نیست، اما نتایج آن ممکن است برای تمرین مبتنی بر شواهد در مدیریت سفتی همسترینگ مفید باشد.
۵	Piqueras-Rodríguez و همکاران/۲۰۱۶/ Sport Medicine (36)	تحلیل اثربخشی کشش فعال در مقابل کشش فعال به همراه تحریک الکتریکی با فرکانس پایین در کودکانی که فوتبال بازی می‌کنند و سندرم کوتاهی	کارآزمایی بالینی تصادفی، کنترل‌شده، تک سو کور، موازی	۵۱ بازیکن فوتبال پسر/ دامنه سنی ۱۱ تا ۱۶ سال	–	حرکات کششی مرسوم، کشش فعال، کشش فعال به همراه تحریک الکتریکی	تمام نتایج این مطالعه بهبود بهتری را در گروه کشش فعال به همراه تحریک الکتریکی در مقایسه با دو گروه دیگر نشان داد. به نوبه خود، گروه کشش فعال نیز به طور کلی بهبود بهتری نسبت به گروه حرکات	کشش فعال به همراه تحریک الکتریکی بهبود بیشتری نسبت به کشش فعال به تنهایی ایجاد می‌کند و هر دو از کشش معمولی بهتر هستند.

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
		همسترینگ دارند.					کششی مرسوم تجربه کرد.	
۶	Sharma و همکاران/۲۰۱۶/ Physical Therapy in Sport (37)	اثربخشی کوتاه‌مدت اسلایدرهای عصبی و تنش‌زای عصبی به عنوان مکمل کشش استاتیک همسترینگ بر زاویه اکستنشن زانو در افراد سالم	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۶۰ نفر دانشجو/ دامنه سنی ۲۲ سال	شیب سنج ها	کشش ایستا و لغزنده‌های نورودینامیک؛ کشش ایستا با تنش گیر نورودینامیک و کشش ایستا	لغزنده‌ها و کشش‌دهنده‌های عصبی هر دو در افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ به عنوان یک مکمل برای کشش استاتیک همسترینگ در مقایسه با کشش استاتیک به تنهایی مؤثر هستند. هیچ تکنیک محرک عصبی بر دیگری برتری ندارد.	در محیط‌های ورزشی یا بالینی، اگر هدف افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ در افراد بدون علامت باشد، می‌توان از هر دو تکنیک محرک عصبی به همراه کشش استاتیک استفاده کرد.
۷	افتخاری و همکاران/۲۰۱۵/ Modern Rehabilitation (۳۸)	مقایسه تأثیرات کوتاه مدت و ماندگاری ۲۴ و ۴۸ ساعته سه نوع روش کششی ایستا، پویا و پی ان اف بر انعطاف پذیری عضلات همسترینگ	نیمه تجربی	۱۶۸ پسر دبیرستانی/ میانگین سنی ۱۵/۷ سال	–	کشش ایستا، کشش پویا، PNF	نتایج آزمون توکی حاکی از آن است که انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ در گروه‌های تمرینی بهبود معناداری یافت. در حالی که در گروه شاهد هیچ تغییری مشاهده نشد. همچنین، مشخص شد که تغییرات کوتاه‌مدت و ماندگاری اثر هر دو روش کشش PNF و ایستا بر انعطاف‌پذیری همسترینگ، همسان و معنادار هستند. با این حال، در گروهی که تمرینات پویا انجام داده بودند، بهبود انعطاف‌پذیری پس از ۲۴ ساعت پایدار نماند.	یافته‌ها حاکی از برتری روش‌های PNF و کشش ایستا نسبت به کشش پویا در افزایش انعطاف‌پذیری و حفظ اثرات آن در بلندمدت است.
۸	Il Lim و همکاران/۲۰۱۴/ physical therapy science (39)	تأثیر تکنیک‌های مختلف کشش بر قابلیت کشش	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۴۸ مرد بالغ/ دامنه	گونیامتر، الکترومایوگرافی	کشش ایستا و PNF	هر دو گروه کشش ایستا و کشش PNF در مقایسه با	تکنیک‌های کشش ایستا و کششی PNF دامنه

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
		عضله همسترینگ، فعالیت عضلانی و تعادل		سنی ۲۳ سال	سطحی، صفحه نیرو		گروه کنترل، افزایش قابل توجهی در زاویه باز شدن زانو نشان دادند. با این حال، هیچ تفاوت قابل توجهی در فعال‌سازی عضلات یا تعادل بین گروه‌ها مشاهده نشد.	حرکتی را بدون کاهش فعال‌سازی عضلات بهبود بخشیدند، اما هیچ‌کدام از آن‌ها تأثیر آماری معنی‌داری بر تعادل نداشتند.
۹	Janse Van Rensburg و همکاران/۲۰۱۴/ Physical Health Education, Recreation and Dance (40)	تأثیر تکنیک‌های کششی بر انعطاف‌پذیری همسترینگ در دختران نوجوان	طراحی اندازه‌گیری تکراری	۱۰۰ دختر نوجوان/ دامنه سنی ۱۳ تا ۱۷ سال	گونیامتر، خط‌کش	کشش ایستا، تسهیل عصبی‌–عضلانی حس عمقی نگه داشتن–ریلکس، تسهیل عصبی–عضلانی انقباض–ریلکس و کشش پویا	پس از سه هفته کشش، در مقایسه با گروه کنترل، بهبود آماری معنی‌داری در طول همسترینگ برای همه انواع کشش مشاهده شد. از هفته سوم تا ششم، طول همسترینگ برای همه تکنیک‌ها در مقایسه با گروه کنترل، بهبود آماری معنی‌داری را نشان داد. هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مداخله پس از سه هفته و شش هفته کشش مشاهده نشد.	بر اساس نتایج این مطالعه، واضح است که برای افزایش دامنه حرکتی، همه انواع کشش مؤثر هستند، اگرچه کشش ایستا ممکن است برای افزایش دامنه حرکتی در نوجوانان دختر مؤثرتر باشد.
۱۰	Ayala و همکاران/۲۰۱۳/ Physical Therapy in Sport (3)	مقایسه تکنیک کشش فعال در مردان با انعطاف‌پذیری همسترینگ طبیعی و محدود	طراحی اندازه‌گیری تکراری	۱۳۸ مرد/ با دامنه سنی ۲۲ سال	شیب سنج	کشش فعال	هر دو زیرگروه کشش، HF-PROM خود را نسبت به حالت پایه به طور قابل توجهی بهبود بخشیدند. زیرگروه‌های کنترل بهبود نیافتند.	برنامه کششی از نظر مقادیر بهبود مطلق برای مردان با انعطاف‌پذیری همسترینگ طبیعی و محدود، به یک اندازه مؤثر بود.
۱۱	Sairyo و همکاران/۲۰۱۳/ orthopaedic surgery & traumatology (41)	کشش جک نایف پس از ۴ هفته، انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ سفت را افزایش می‌دهد؟	مطالعه آزمایشی	۸ زن و مرد بالغ (دامنه سنی ۲۱ تا ۲۹ سال) و ۱۷ ورزشکار (میانگین سنی ۱۳ سال)	–	کشش جک نایف	شرکت‌کنندگان بزرگسال تنها در عرض ۴ هفته ۲۲.۲ سانتی‌متر به انعطاف‌پذیری عضلات بدون چربی بدن خود اضافه کردند، در حالی که افراد زیر ۱۸ سال	کشش جک نایف یک تکنیک کششی فعال–استاتیک مفید برای افزایش موثر انعطاف‌پذیری همسترینگ‌های سفت است.

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
							۱۷.۷ سانتی‌متر افزایش یافتند.	
۱۲	P Borman و همکاران/۲۰۱۱/ Physiotherapy theory and practice (42)	تأثیر وضعیت‌های کششی بر طول عضله همسترینگ، دامنه حرکتی خم شدن کمر و انحنای کمر در بزرگسالان سالم	–	۳۶ نفر زن و مرد/ میانگین سنی ۴۵ سال	گونیامتر الکترونیکی، خط‌کش منعطف	کشش ایستا به صورت نشسته (گروه ۱) و ایستاده (گروه ۲)	تحلیل کوواریانس چند متغیره، تفاوت معنی‌داری را بین گروه‌های کشش و گروه بدون کشش، فقط برای طول عضله همسترینگ، نشان داد. عدم تفاوت معنی‌داری برای طول عضله همسترینگ بین موقعیت‌های کشش نشان داده شد که نشان می‌دهد هر دو به یک اندازه در افزایش طول عضله همسترینگ مؤثر بوده‌اند. با این حال، هیچ تغییری در دامنه حرکتی خم شدن کمر یا انحنای کمر مشاهده نشد.	استفاده از حالت کشش نشسته یا ایستاده منجر به افزایش طول عضله همسترینگ برای شرکت‌کنندگان سالم با طول عضله همسترینگ کوتاه‌تر در مقایسه با شرکت‌کنندگان گروه کنترل شد.
۱۳	Puentedura و همکاران/۲۰۱۱/ Physical Therapy in Sport (43)	اثرا فوری کشش همسترینگ کمی: تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی نگه داشتن–ریلکس کردن در مقابل کشش استاتیک	–	۳۰ نفر زن و مرد/ با دامنه سنی ۲۲ تا ۳۷ سال	شیب‌سنج دیجیتال	کشش ایستا و کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی نگه داشتن–ریلکس کردن	هیچ تفاوت معناداری در مقایسه اثربخشی تکنیک‌ها مشاهده نشد. هر دو روش کششی منجر به افزایش فوری و قابل توجه طول همسترینگ شدند.	مطالعه‌ی حاضر هیچ مزیتی از کشش استاتیک نسبت به مداخلات کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی نگه داشتن–ریلکس کردن یا برعکس در افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ نشان نداد.
۱۴	Meroni و همکاران/۲۰۱۰/ Sport Medicine (44)	مقایسه تکنیک کشش فعال و تکنیک کشش ایستا بر انعطاف‌پذیری همسترینگ	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۵۰ نفر زن و مرد/ میانگین سنی ۲۳ سال	چهارپایه به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر مجهز به خط‌کش/ گونیامتر	کشش فعال و کشش ایستا	کشش فعال بیشترین افزایش را در آزمون AKER ایجاد کرد و این افزایش تقریباً ۴ هفته پس از پایان تمرین به طور کامل حفظ شد، که در گروه کشش غیرفعال	بهبود در انعطاف‌پذیری هر دو گروه تمرینی مشاهده شد. علاوه بر این، تفاوت‌های معناداری در افزایش دامنه

ردیف	نویسنده/ سال/ نام مجله	هدف	نوع تحقیق	جامعه، تعداد نمونه آماری و جنسیت/ سن	تجهیزات	پروتکل مداخله	نتایج	نتیجه‌گیری
							مشاهده نشد. کشش فعال در مقایسه با کشش ایستا از نظر زمانی کارآمدتر بود و برای ایجاد تأثیر بر انعطاف‌پذیری به زمان کمتری نیاز داشت.	حرکتی بین دو گروه گزارش شد.
۱۵	Trampas و همکاران/۲۰۱۰/ Physical Therapy in Sport (45)	ماساژ بالینی و کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی اصلاح‌شده در مردان مبتلا به نقاط ماشه‌ای میوفاشیال نهفته	کارآزمایی بالینی تصادفی شده	۳۰ نفر مرد/ با دامنه سنی بین ۱۹ تا ۲۴ سال	دینامومتر دستی، گونیامتر، الگوریتم متر دیجیتال الکترونیکی	کشش تسهیل عصبی–عضلانی (گروه ۱) در مقابل درمان نقاط ماشه‌ای میوفاشیال به همراه کشش PNF اصلاح‌شده (گروه ۲)	تغییرات قابل توجهی در طول زمان برای گروه دوم در تمام پیامدها رخ داد. گروه دوم همچنین نمرات شدت درد کمتری نسبت به گروه اول بلافاصله پس از درمان و تأثیر بالینی قوی‌تری نسبت به گروه اول در دامنه حرکتی در تمام پیگیری‌ها نشان داد. تفاوت‌های دیگری نیز بین هر دو گروه کششی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد.	نتایج نشان‌دهنده‌ی مزایای فوری قبل و بعد از درمان با درمان نقاط ماشه‌ای میوفاشیال همراه با کشش PNF اصلاح‌شده در مردان جوان و فعال از نظر جسمی با نقاط ماشه‌ای میوفاشیال نهفته است.
۱۶	Youdas و همکاران/۲۰۱۰/ Physiotherapy theory and practice (46)	اثربخشی دو تکنیک کششی تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی اصلاح‌شده در افراد با طول عضله همسترینگ کاهش‌یافته	–	۳۵ نفر زن و مرد/ میاگین سنی ۲۹ سال	الکترومایوگرافی، گونیامتر	روش‌های کششی اصلاح‌شده‌ی تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی، نگه‌داشتن–ریلکس و نگه‌داشتن–ریلکس–انقباض آنتاگونیست	در این مطالعه با استفاده از یک چرخه انقباض PNF اصلاح‌شده، به مدت ۱۰ ثانیه نگه‌داشتن–ریلکس کردن یا ۲۰ ثانیه نگه‌داشتن–ریلکس کردن–آنتاگونیست، بهبود آماری معنی‌داری در طول عضله همسترینگ در افراد سالم با طول عضله همسترینگ کاهش‌یافته مشاهده شد.	هر روش اصلاح‌شده‌ی PNF که در مطالعه‌ی حاضر بررسی شد، پس از یک جلسه‌ی کششی که بیش از ۲۰ ثانیه طول نکشید، افزایش معناداری در زاویه‌ی باز شدن زانو ایجاد کرد.

بحث:

این مطالعه مروری سیستماتیک به ارزیابی اثربخشی روش‌های مختلف کششی همسترینگ پرداخته است. باتوجه به معیارهای ورود و خروج تعداد ۱۶ مقاله با ۹۲۶ آزمودنی وارد مطالعه گردید. یافته‌های کلی نشان می‌دهد که تمرینات کششی به طور قابل توجهی می‌توانند موجب بهبود انعطاف‌پذیری، افزایش دامنه حرکتی، کاهش درد و پیشگیری از آسیب‌های عضلات همسترینگ شوند. با این حال، میزان اثربخشی این روش‌ها بسته به نوع تکنیک، مدت زمان اجرا و ویژگی‌های فردی متفاوت است.

کشش ایستا

در میان روش‌های مورد بررسی، کشش ایستا به عنوان پرکاربردترین تکنیک شناخته شد. مزیت اصلی این روش سادگی اجرا و عدم نیاز به تجهیزات خاص است. مطالعاتی مانند Maras و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که کشش ایستا می‌تواند به طور معنی‌داری باعث افزایش دامنه حرکتی و کاهش سفتی عضلانی شود (۴). با این حال، برخی مطالعات مانند تحقیق افتخاری و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرده‌اند که اثرات این روش ممکن است در بلندمدت کمتر از سایر تکنیک‌ها باشد (۳۸).

کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی (PNF)

کشش تسهیل عصبی–عضلانی حس عمقی به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌ها شناسایی شد. مطالعات Zaidi و همکاران (۲۰۲۳) و Trampas و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که این تکنیک نه تنها در کوتاه‌مدت، بلکه در بلندمدت نیز تأثیرات ماندگاری بر افزایش انعطاف‌پذیری دارد (۳۳, ۴۵). مکانیسم عمل PNF شامل ترکیب انقباض عضلانی ارادی و کشش غیرفعال است که منجر به مهار رفلکس‌های عصبی بازدارنده و افزایش تحمل کشش می‌شود. با این وجود، نقطه ضعف این روش نیاز به همراهی درمانگر و زمان بیشتر برای اجرای صحیح است.

کشش فعال

کشش فعال نیز نتایج امیدوارکننده‌ای را در مطالعاتی مانند Ayala و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده است. این روش که شامل فعال‌سازی همزمان عضلات آنتاگونیست (مانند چهارسر ران) است، می‌تواند در مقایسه با کشش ایستا، بهبود سریع‌تر و ماندگارتری در دامنه حرکتی ایجاد کند. این یافته‌ها حاکی از آن است که کشش فعال ممکن است گزینه بهتری برای ورزشکاران و افرادی باشد که نیاز به بازگشت سریع به فعالیت دارند (۳).

مدت زمان بهینه برای کشش

یکی از موضوعات چالش‌برانگیز در مطالعات، تعیین مدت زمان بهینه برای نگه داشتن کشش است. در حالی که برخی مطالعات مانند Piqueras-Rodríguez و همکاران (۲۰۱۶) مدت ۱۵ ثانیه را کافی دانسته‌اند (۳۶)، تحقیقات دیگری مانند Youdas و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرده‌اند که کشش‌های ۳۰ ثانیه‌ای ممکن است نتایج بهتری داشته باشند (۴۶). این تناقض می‌تواند ناشی از تفاوت در پروتکل‌های مطالعات، ویژگی‌های نمونه‌های مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری باشد.

ترکیب کشش با مداخلات دیگر

ترکیب کشش با سایر مداخلات نیز موضوع مهم دیگری است که در چندین مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال، Piqueras-Rodríguez و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که ترکیب کشش فعال با تحریک الکتریکی می‌تواند نتایج بهتری نسبت به کشش به تنهایی ایجاد کند (۳۶). به همین ترتیب، Trampas و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که ترکیب PNF با آزادسازی میوفاشیال در کاهش درد و بهبود دامنه حرکتی مؤثرتر از PNF به تنهایی عمل می‌کند. این یافته‌ها حاکی از آن است که رویکردهای ترکیبی ممکن است در بسیاری از موارد نتایج بهتری نسبت به روش‌های تک‌جزئی ارائه دهند (۴۵).

مکانیسم تأثیر کشش بر افزایش انعطاف‌پذیری

در مورد مکانیسم‌های دقیق تأثیر کشش بر افزایش انعطاف‌پذیری هنوز اتفاق نظر کاملی وجود ندارد. برخی مطالعات مانند Kong (۲۰۲۳) بر تغییرات ساختاری در بافت نرم (کاهش ویسکوزیته تاندون‌ها و افزایش خاصیت ارتجاعی) تأکید دارند (۳۴)، در حالی که تحقیقات دیگری مانند Sairyo و همکاران (۲۰۱۳) بیشتر بر سازگاری‌های عصبی و افزایش تحمل فرد در برابر کشش تمرکز کرده‌اند (۴۱). به نظر می‌رسد که هر دو مکانیسم می‌توانند در افزایش انعطاف‌پذیری نقش داشته باشند و سهم هر یک ممکن است بسته به نوع کشش، مدت زمان اجرا و ویژگی‌های فردی متفاوت باشد.

برای دستیابی به بهترین نتایج در برنامه‌های توانبخشی و پیشگیری از آسیب، توجه به این نکات اساسی ضروری است؛ برای بهبود سریع دامنه حرکتی، کشش فعال یا PNF ممکن است گزینه‌های بهتری باشند، در حالی که برای حفظ انعطاف‌پذیری در بلندمدت، کشش ایستا می‌تواند کافی باشد. پاسخ به کشش می‌تواند در افراد مختلف متفاوت باشد. عواملی مانند سن، سطح فعالیت بدنی، سابقه آسیب و انعطاف‌پذیری اولیه باید در انتخاب روش مدنظر قرار گیرند. در بسیاری از موارد، ترکیب کشش با روش‌هایی مانند تمرینات تقویتی، تحریک الکتریکی یا آزادسازی میوفاشیال می‌تواند نتایج بهتری ایجاد کند. اگرچه مدت زمان بهینه کشش هنوز به طور دقیق مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد اجرای منظم و پیوسته تمرینات کششی (حداقل ۳–۲ جلسه در هفته) برای دستیابی به نتایج مطلوب ضروری است.

محدودیت‌های تحقیقات

با وجود نتایج ارزشمند این مرور سیستماتیک، برخی محدودیت‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرند. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به تفاوت در پروتکل‌های مطالعات، کیفیت متغیرها و پیگیری کوتاه مدت اشاره کرد، تنوع در روش‌های اجرای کشش، مدت زمان مداخله و روش‌های اندازه‌گیری، مقایسه نتایج را با چالش مواجه کرده است. تنها ۲۵ درصد از مطالعات وارد شده (۴ مطالعه از ۱۶ مطالعه) کیفیت روش‌شناسی «عالی» داشتند. این موضوع بر قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج تأثیر می‌گذارد. همچنین بسیاری از مطالعات دوره پیگیری کوتاهی داشتند و اثرات بلندمدت روش‌های کششی به خوبی بررسی نشده است.

پیشنهادات تحقیقات

برای رفع این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده بر مطالعاتی با بازه زمانی طولانی مدت، استانداردسازی پروتکل‌ها و مطالعات مقایسه‌ای تمرکز کنند. بررسی اثرات کشش در دوره‌های بیش از ۶ ماه برای ارزیابی ماندگاری نتایج، ایجاد دستورالعمل‌های یکسان برای مدت زمان، شدت و تواتر کشش، استفاده از روش‌های پیشرفته مانند تصویربرداری اولتراسوند برای بررسی تغییرات بافت نرم و مقایسه مستقیم روش‌های مختلف کششی در جمعیت‌های یکسان از جمله پیشنهاداتی هستند که می‌توان در تحقیقات آینده از آن‌ها استفاده کرد.

نتیجه‌گیری:

با توجه به یافته‌های این مرور سیستماتیک، می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات کششی همسترینگ ابزار مؤثری در توانبخشی و پیشگیری از آسیب هستند. انتخاب روش بهینه باید بر اساس ارزیابی دقیق شرایط فرد، اهداف درمانی و امکانات موجود انجام شود. با توجه به تنوع عوامل مداخله‌گر، طراحی پروتکل‌های کشش باید شخصی‌سازی شده و بر اساس ویژگی‌های فردی (سن، سطح فعالیت، نوع آسیب) باشد. همچنین، ترکیب کشش با سایر روش‌های درمانی می‌تواند اثربخشی را افزایش دهد. ترکیب روش‌های مختلف کششی با سایر مداخلات مانند تمرینات تقویتی و درمان‌های دستی می‌تواند نتایج بهتری ایجاد کند. برای دستیابی به بهترین نتایج، توصیه می‌شود برنامه‌های کششی تحت نظر متخصصان فیزیوتراپی یا پزشکی ورزشی طراحی و اجرا شوند. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در این حوزه، هنوز نیاز به تحقیقات بیشتر با کیفیت روش‌شناسی بالاتر و دوره‌های پیگیری

طولانی‌تر احساس می‌شود.

تضاد:

نویسندگان اعلام می‌کنند که در این مطالعه، هیچ تعارض منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی:

از تمامی عزیزانی که در اجرا و آماده‌سازی این پژوهش مشارکت داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

حامی مالی:

حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان:

تمامی مشارکت کنندگان سهم یکسانی در آماده‌سازی و انتشار این مقاله داشتند.

منابع:

1. Chumanov E.S., Schache A.G., Heiderscheit B.C., Thelen D.G. Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *Br J Sports Med*. 2012; 90–.
2. Witvrouw E., Danneels L., Asselman P., D'Have T., Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2003; *31*(1):41–6.
3. Ayala F., De Baranda P.S., Croix M.D.S., Santonja F. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Phys Ther Sport*. 2013; *14*(2):98–104.
4. Maras G., Arikan H., Citaker S. Comparison of the effects of 4-week instrument-assisted soft tissue mobilization and static stretching on strength, ROM, flexibility, and pain threshold in hamstring muscle shortness. *J Bodyw Mov Ther*. 2024; *40*:575–83.
5. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2012; *7*(1):109.
6. Bade M., Baertlein S., Bouten T. A comparison of lower extremity alignment risk factors between competitive and recreational runners. *Orthop Phys Ther Pract*. 2016; *28*(2):100–8.
7. Williams D.B. III, Welch L.M. Male and female runners demonstrate different sagittal plane mechanics as a function of static hamstring flexibility. *Braz J Phys Ther*. 2015; *19*(5):421–8.
8. De La Motte S.J., Lisman P., Gribbin T.C., Murphy K., Deuster P.A. Systematic review of the association between physical fitness and musculoskeletal injury risk: part 3—flexibility, power, speed, balance, and agility. *J Strength Cond Res*. 2019; *33*(6):1723–35.
9. Schuermans J., Danneels L., Van Tiggelen D., Palmans T., Witvrouw E. Proximal neuromuscular control protects against hamstring injuries in male soccer players: a

prospective study with electromyography time-series analysis during maximal sprinting. *Am J Sports Med*. 2017; *45*(6):1315–25.
10. McHugh M.P., Cosgrave C.H. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2010; *20*(2):169–81.
11. Ross M.D. Effect of a 15-day pragmatic hamstring stretching program on hamstring flexibility and single hop for distance test performance. *Res Sports Med*. 2007; *15*(4):271–81.
12. Manoel M.E., Harris-Love M.O., Danoff J.V., Miller T.A. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J Strength Cond Res*. 2008; *22*(5):1528–34.
13. Chan S., Hong Y., Robinson P. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports*. 2001; *11*(2):81–6.
14. Voss D.E. Proprioceptive neuromuscular facilitation. *Am J Phys Med Rehabil*. 1967; *46*(1):838–98.
15. Konrad A., Stafilidis S., Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*. 2017; *27*(10):1070–80.
16. Kubo K., Kanehisa H., Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol*. 2002; *92*(2):595–601.
17. Kay A.D., Husbands-Beasley J., Blazevich A.J. Effects of contract–relax, static stretching, and isometric contractions on muscle–tendon mechanics. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; *47*(10):2181–90.
18. Harvey L., Herbert R., Crosbie J. Does stretching induce lasting increases in joint ROM? A systematic review. *Physiother Res Int*. 2002; *7*(1):1–13.
19. Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med*. 2004; *14*(5):267–73.
20. Smith M., Fryer G. A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *J Bodyw Mov Ther*. 2008; *12*(4):312–7.
21. Ayala F., De Baranda P.S. Efecto del estiramiento activo sobre el rango de movimiento de la flexión de cadera: 15 versus 30 segundos. *Motricidad Eur J Hum Mov*. 2008; *20*:2–14.
22. Ayala F., De Baranda Andújar P.S. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *J Strength Cond Res*. 2010; *24*(2):430–6.
23. Heiderscheit B.C., Sherry M.A., Silder A., Chumanov E.S., Thelen D.G. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010; *40*(2):67–81.
24. Foreman T., Addy T., Baker S., Burns J., Hill N., Madden T. Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2006; *7*(2):101–9.
25. Orchard J.W. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med*. 2001; *29*(3):300–3.
26. Clark R.A. Hamstring injuries: risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore*. 2008; *37*(4):341.
27. Hennessey L., Watson A. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med*. 1993; *27*(4):243–6.
28. Kirkland A., Garrison C., Singleton S., Rodrigo J., Boettner F., Stuckey S. Surgical and therapeutic management of a complete proximal hamstring avulsion after a failed conservative approach. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008; *38*(12):754–60.

29. Sherry M.A., Best T.M. A comparison of two rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004; *34*(3):116–25.
30. Mason D.L., Dickens V.A., Vail A. Rehabilitation for hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;(1).
31. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; *372*.
32. Wells C., Kolt G.S., Marshall P., Hill B., Bialocerkowski A. The effectiveness of Pilates exercise in people with chronic low back pain: a systematic review. *PLoS One*. 2014; *9*(7):e100402.
33. Zaidi S., Ahamad A., Fatima A., Ahmad I., Malhotra D., Al Muslem W.H., et al. Immediate and long-term effectiveness of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on joint range of motion, flexibility, and electromyographic activity of knee muscles in older adults. *J Clin Med*. 2023; *12*(7):2610.
34. Kong K. The effects of closed kinetic chain exercise on hamstring length and muscle elasticity. *J Hum Mov Sports Sci*. 2023; *11*(3):643–9.
35. Nuhmani S. Does soft tissue mobilization assist static stretching to improve hamstring flexibility? A randomized controlled trial. *J Complement Integr Med*. 2020; *17*(4).
36. Piqueras-Rodríguez F., Palazón-Bru A., Gil-Guillén V.F. Effectiveness analysis of active stretching versus active stretching plus low-frequency electrical stimulation in children who play soccer and who have the short hamstring syndrome. *Clin J Sport Med*. 2016; *26*(1):59–68.
37. Sharma S., Balthillaya G., Rao R., Mani R. Short-term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2016; *17*:30–7.
38. Eftekhari S., Khayambashi K., Marandi S.M., Yosefzadeh M. To compare immediate, 24 and 48 hours effects of static, dynamic and PNF stretching techniques on hamstring flexibility. *J Mod Rehabil*. 2015; *9*(3):64–71. [In Persian].
39. Lim K.-I., Nam H.-C., Jung K.-S. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci*. 2014; *26*(2):209–13.
40. Janse van Rensburg L., Coetzee F.F. Effect of stretching techniques on hamstring flexibility in female adolescents. *Afr J Phys Health Educ Recreat Dance*. 2014; *20*(3):1237–48.
41. Sairyo K., Kawamura T., Mase Y., Hada Y., Sakai T., Hasebe K., et al. Jack-knife stretching promotes flexibility of tight hamstrings after four weeks: a pilot study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013; *23*:657–63.
42. Borman N.P., Trudelle-Jackson E., Smith S.S. Effect of stretch positions on hamstring muscle length, lumbar flexion range of motion, and lumbar curvature in healthy adults. *Physiother Theory Pract*. 2011; *27*(2):146–54.
43. Puentedura E.J., Huijbregts P.A., Celeste S., Edwards D., In A., Landers M.R., et al. Immediate effects of quantified hamstring stretching: hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Phys Ther Sport*. 2011; *12*(3):122–6.
44. Meroni R., Cerri C.G., Lanzarini C., Barindelli G., Della Morte G., Gessaga V., et al. Comparison of active stretching technique and static stretching technique on hamstring flexibility. *Clin J Sport Med*. 2010; *20*(1):8–14.

45. Trampas A., Kitsios A., Sykaras E., Symeonidis S., Lazarou L. Clinical massage and modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in males with latent myofascial trigger points. *Phys Ther Sport*. 2010; *11*(3):91–8.
46. Youdas J.W., Haeflinger K.M., Kreun M.K., Holloway A.M., Kramer C.M., Hollman J.H. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiother Theory Pract*. 2010; *26*(4):240–50.