Arch
10.22037/JRM.2020.112081.2154 Research Article

Effect of Stretching, Strengthening, Endurance, and Combination of Endurance-Stretching Training on Fascia Function: A Systematic Review

Heydar Sadeghi[*1,2], **Donya Rahmani**[3]

1. Full Professor, Faculty of Physical Education and Sports Science, Kharazmi University Tehran, Iran
2. Kinesiology Research Center, Kharazmi University Tehran, Iran
3. PhD Student in Biomechanic of sport, Faculty of Physical Educationand Sports Science, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2019.July.03 **Revised:** 2019.October.22 **Accepted:** 2020.February.22 **Published Online:** 2020.March.03

ABSTRACT

Background and Aims: Considering the role of fascia as a viscoelastic matrix that surrounds muscles, bones, organs and nerve fibers, and its effects on human motor function, including flexibility, strength, resistance to pressure and injuries, in the present systematic review, the effects of stretching, strengthening, endurance, and combination of endurance-stretching training on fascia function were investigated.

Materials and Methods: After reviewing articles in major databases, such as Pubmed, Science Direct, Magiran, Noormags, and SID, using the words Myofascia, Fascia and Connective tissue, a study was conducted with over 55 articles published during 1984 to 2018.

Results: All findings in the field of stretching, strengthening, endurance, and resistance-stretching exercises emphasize the positive effects of these exercises on fascia's fitness and function. Stretching and endurance exercises increase the stiffness and elasticity of the fascia. Strength and combined resistance-stretching exercises increase stiffness and reduce hysteresis of the Fascia.

Conclusion: With reegard to the positive effect of exercise training on facia performance, it is sugested that athletes perform the facial training along with muscle strength and cardiovascular endurance training to increase facial readiness and prevent injuries. Considering the results of the present survey, more studies are needed to be carries out on facia and its effect in enhancing performance of skills, sport injuries, and where the effect of exercise and/or performance perturbations is the case.

Keywords: Myofascia; Connective tissue; Stretching; Strengthening and endurance exercises; Hystersis; Stiffness

How to cite this article: Heydar Sadeghi, Donya Rahmani. Effect of Stretching, Strengthening, Endurance, and Combination of Endurance-Stretching Training on Fascia Function: A Systematic Review. J Rehab Med. 2021, 9(4):333-343.

[*]**Corresponding Author**: Heydar Sadeghi, Full Professor, Faculty of Physical Education and Sports Science, Kharazmi University Tehran, Iran
Email: sadeghih@yahoo.com

www.SID.ir

Arch
10.22037/JRM.2020.112081.2154 مقاله پژوهشی

اثر تمرینات کششی، قدرتی، مقاومتی، استقامتی و ترکیبی مقاومتی-کششی بر عملکرد فاشیا: مروری سیستماتیک

حیدر صادقی[۱ و ۲*]، دنیا رحمانی[۳]

۱. استادتمام دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکترای بیومکانیک ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰٤/۱۲ بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۷/۳۰ پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۱۲/۰۳

چکیده

مقدمه و اهداف: با توجه به نقش فاشیا در قالب یک ماتریس ویسکوالاستیک که عضلات، استخوان‌ها، اندام‌ها و تارهای عصبی را پوشش می‌دهد و عملکرد حرکتی بدن انسان از جمله انعطاف‌پذیری، قدرت، مقاومت در برابر فشار و آسیب‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هدف مطالعه مروری سیستماتیک حاضر، بررسی اثر تمرینات کششی، قدرتی، مقاومتی و استقامتی و ترکیبی از تمرینات مقاومتی-کششی بر عملکرد فاشیا بود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر، بعد از جستجوی مقالات در پایگاه‌های معتبر نظیر PubMed، Science Direct، Magiran، Noormags و SID با استفاده از کلمات میوفاشیا، فاشیا و بافت همبند، بررسی با بیش از ۵۵ مقاله از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ میلادی انجام شد.

یافته‌ها: یافته‌ها بر مثبت بودن تاثیر تمرینات کششی، قدرتی، استقامتی و مقاومتی-کششی بر آمادگی و عملکرد فاشیا تأکید دارند. مرور بر مقالات نشان‌دهنده افزایش سفتی و خاصیت الاستیک فاشیا تحت تاثیر تمرینات کششی و استقامتی می‌باشد، درحالی‌که تمرینات قدرتی و تمرینات ترکیبی مقاومتی-کششی افزایش سفتی فاشیا و کاهش هیسترزیس در فاشیا را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به تأثیر مثبت تمرینات ورزشی بر عملکرد فاشیا پیشنهاد می‌شود که ورزشکاران همراه با تمرینات افزایش قدرت عضلات و استقامت قلبی-عروقی برای افزایش آمادگی فاشیا و پیشگیری از آسیب‌دیدگی آن به تمرینات آمادگی فاشیا نیز بپردازند. همچنین محققان در بررسی نقش متغیرها، در بهبود عملکرد و اجرای مهارت‌ها و مقابله با آسیب‌های ورزشی، به تعیین شیوه‌های تاثیرپذیری فاشیاها به‌ویژه در شرایطی که موضوع تاثیر تمرین و یا اغتشاشات در عملکردها مورد نظر است، بپردازند.

واژه‌های کلیدی: میوفاشیا؛ بافت همبند؛ تمرینات کششی؛ قدرتی و استقامتی؛ الاستیک؛ هیسترزیس؛ سفتی

نویسنده مسئول: حیدر صادقی، بزرگراه شهید حقانی، رازان جنوبی، مجموعه ورزشی شهید کشوری، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
آدرس ایمیل: sadeghih@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

این یک اصلی پذیرفتنی است که "مشکل آسیب‌دیدگی یک ورزشکار در حین تمرین یا مسابقات، فقط از سیستم اسکلتی و یا عضلانی ناشی نمی‌شود"، بلکه ممکن است ساختار بافت همبند (فاشیا، لیگامنت، تاندون، و غیره) بیش‌ازحد ظرفیتش بارگذاری شده باشد.[۱] در بین این ساختارهای بافت همبند، فاشیا در قالب یک ماتریس ویسکوالاستیک عضلات، استخوان‌ها، اندام‌ها و تارهای عصبی را پوشش داده و شبکه پیوسته و گسترده‌ای در سراسر اندام‌های بدن به وجود می‌آورد.[۲] فاشیای عضلانی (میوفاشیا) دربرگیرنده دو نوع درون و خارج عضلانی است. فاشیایی که با بافت عضله مرتبط است، فاشیای درون-عضلانی نامیده می‌شود که از سه بخش اندومیوزیوم، پری‌میزیوم و اپی‌میوزیوم تشکیل می‌شود؛ اپی‌میوزیوم کل عضلات را پوشش می‌دهد و به تاندون که عضلات را به استخوان متصل می‌کند، ختم می‌شود. پری‌میوزیوم عضلات را به فاسیکول‌ها یا دسته‌های تار عضلانی تقسیم می‌کند، درحالی‌که اندومیوزیوم شبکه پیوسته‌ای از بافت همبند است که تک‌تک تارهای عضلانی را پوشش می‌دهد.[۳]

تارهای کوچک فاشیا به غشای سلولی متصل می‌شود[۴] و از طریق مکانیسم‌های مختلفی به انقباض عضلانی کمک می‌کند. فاشیا عضلات را به یکدیگر و به ساختارهای غیرعضلانی از طریق مسیرهای مایوفاشیا متصل می‌کند.[۵] تشریح و مطالعات فیزیولوژیکی نشان می‌دهد که اتصالات فاشیایی باعث انتقال نیروی مایوفاشیا بین عضلات مجاور و حتی مخالف (آنتاگونیست) می‌شود.[۶، ۷، ۸] در این بین، نیروی تولیدشده توسط تارهای عضلات اسکلتی در بین بافت‌های همبند خارج از عضلات اسکلتی از جمله تاندون‌ها و لیگامنت‌ها گسترش می‌یابد.[۷، ۸] این مسیرها میوفاشیای خارج عضلانی هستند و از این طریق تعادل و پوسچر را بهبود می‌دهند.[۹]

فاشیا احتمالاً کلید درک عمل عضله و درد عضلانی-اسکلتی را در خود دارد زیرا به‌عنوان یک سیستم پیام‌رسان حسی-مکانیکی در سراسر بدن با کارکرد مشابه با سیستم عصبی عمل می‌کند.[۱۰] این ساختار، در واقع مؤلفه‌ای کلیدی برای یک سیستم یکپارچه‌ساز تنش است که در سطوح مختلف در سطح بدن کار می‌کند.[۱۱] برخی از محققان معتقد هستند که وقتی فاشیا آمادگی‌اش را از دست می‌دهد و محدود می‌شود، باعث از دست دادن راستای بدن و در طول زمان به‌طور بالقوه منجر به ضعف در بیومکانیک عضلات، تغییر در راستای ساختار بدن و کاهش قدرت و هماهنگی حرکتی می‌شود.[۱۲، ۱۳] ورزشکاران ممکن است در این شرایط درد و اختلال در عملکرد را تجربه کنند. با این وجود، با توجه به نقش بسیار مهمی که فاشیا در سلامت و عملکرد بدن ورزشکاران ایفا می‌کند نباید از این بافت مهم بدن غافل شد. در این مقاله مروری سیستماتیک تلاش شد تا مروری بر مطالعه‌های انجام‌شده در حوزه تمرینات کششی، قدرتی و استقامتی بر آمادگی و عملکرد فاشیا انجام شود.

مواد و روش‌ها

اطلاعات استفاده‌شده در مقاله مروری حاضر از مقالات چاپ‌شده در زمینه فاشیا و عوامل مؤثر بر آمادگی و عملکرد فاشیا در فاصله سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ بود. برای جستجوی این مقالات از منابع اطلاعاتی PubMed، Science Direct، Magiran، Noormags، SID و کلمات کلیدی "میوفاشیا"، "بافت همبند"، "تمرینات کششی، قدرتی و استقامتی"، "الاستیک"، "هیسترزیس"، "سفتی" و کلمات کلیدی عمومی and و or استفاده گردید. تحقیقاتی که به بررسی تأثیر تمرینات مختلف بر آمادگی و عملکرد فاشیا و میوفاشیا پرداخته بودند، وارد مطالعه شدند. این مرور شامل ۵۵ کار آزمایشگاهی و یک متاآنالیز در مورد اثر تمرینات مختلف بر آمادگی و عملکرد فاشیا بود. یافته‌ها محدود به مقالات انگلیسی چاپ‌شده در نشریات بین‌المللی و مقالات فارسی چاپ‌شده در مجلات علمی-پژوهشی بود که به جنبه‌های آمادگی و تقویت فاشیا پرداخته‌اند.

یافته‌ها

در این بخش، ابتدا به برخی از ویژگی‌های بیومکانیکی و فیزیولوژیکی فاشیا که از فاکتورهای آمادگی و عملکرد فاشیا می‌باشد، اشاره شده است. پس از آن مطالعاتی در زمینه تمرینات کششی، قدرتی و استقامتی که منجر به بهبود عملکرد و آمادگی فاشیا می‌شود، پرداخته شده است:

ویژگی‌های بیومکانیکی و فیزیولوژیکی فاشیا

یکی از ویژگی‌های شناخته‌شده بافت همبند، تغییر شکل و سازگاری قابل‌توجه آن است. فاشیا با کمک فیبروبلاست‌ها، به استرین روزانه به اندازه تمرینات ویژه با بازسازی مداوم آرایش شبکه تارهای کلاژن واکنش نشان می‌دهد.[۱۴] پاسخ تطبیقی بافت همبند به بارگذاری مکانیکی شامل یک سنتز افزایش یافته است.[۱۵] بارگذاری مکانیکی باعث سازگاری بافت غنی از کلاژن می‌شود. این پدیده نیازمند اثر متقابل عوامل مکانیکی و تغییرات بیوشیمیایی در ماتریس دارد[۱۶]، به‌طوری‌که تغییرات شیمیایی می‌تواند به سازگاری در مورفولوژی، ساختار و ویژگی‌های فاشیا تبدیل شود.[۳]

در یک بدن سالم با گذشت هر سال نیمی از تارهای کلاژن جایگزین می‌شود.[۱۷] تحقیقات تأیید کرده‌اند که تمرینات با بارگیری مناسب و منظم منجر به جوان‌سازی معماری کلاژن و موج‌دار شدن آن می‌شود[۱۸] و همچنین ظرفیت ذخیره‌سازی الاستیک را افزایش می‌دهد.[۱۹] ویژگی الاستیک فاشیاها به آن‌ها خاصیت فنر مانندی می‌دهد که به آن "مکانیسم کمان" گفته می‌شود.[۲۰] تاندون‌ها و فاشیاهای بدن انسان، شبیه نوار لاستیکی

www.SID.ir

Archive of SID

ارتجاعی هستند که ظرفیت ذخیره انرژی را دارند.[۲۱] این خاصیت تاندون‌ها و فاشیا فقط برای پریدن و دویدن کاربرد ندارد، بلکه در راه رفتن نیز بخش قابل‌توجهی از انرژی مورد نیاز از خاصیت فنری تاندون‌ها و فاشیاها تأمین می‌شود؛ در واقع طویل شدن و کوتاه شدن اجزای فاشیا باعث ایجاد حرکت می‌شود.[۲۳، ۲۲] مطالعات نشان داده‌اند که عدم تحرک باعث افزایش سریع اتصالات بین بافت‌های فاشیا می‌شود، در نتیجه تارها خاصیت الاستیک خود را از دست می‌دهند و روی هم سُر نمی‌خورند. در عوض، بافت به‌هم چسبیده‌ای را شکل می‌دهند و در هم گیر می‌کنند[۲۴]؛ بنابراین هدف از مطرح کردن تمرینات فاشیا، تحریک فیبروبلاست‌های فاشیا برای جوان‌سازی ساختار تارها است. این هدف تنها از طریق تمریناتی که در آن، بافت‌های فاشیا بیشتر از دامنه حرکتی‌شان کشیده شود و از قابلیت الاستیک آنها نیز استفاده شود، قابل‌دسترسی است.[۲۵]

فاشیا ساختاری ویسکوالاستیک دارد و در یک ماده ویسکوالاستیک هنگامی که بار اعمال‌شده برداشته می‌شود، انرژی مکانیکی ذخیره‌شده به‌طور کامل برنمی‌گردد، از این رو به مقدار انرژی تلف‌شده، نام هیسترزیس داده شده است.[۲۶] نمودار استرس-استرین فاشیا، منحنی را تولید می‌کند که شامل فازهای صعودی و نزولی تولید نیرو توسط فاشیا است. مساحت سطح زیر منحنی در دو بخش صعودی (انرژی الاستیک مصرف‌شده) و نزولی (انرژی الاستیک تولیدشده) محاسبه می‌شود و سپس نسبت انرژی الاستیک مصرفی به تولیدشده به‌عنوان هیسترزیس محاسبه می‌شود.[۲۷]

سفتی یکی دیگر از ویژگی‌های مکانیکی فاشیا است که نقش کلیدی را در مدت‌زمان ایجاد گشتاور توسط فاشیا دارد. در حقیقت سفتی فاشیا بر زمانی که نیاز است تا اجزاء الاستیک فاشیا کشیده شود، تأثیر می‌گذارد. سرعت ایجاد گشتاور به ویژگی‌های سرعت-نیروی اجزای انقباضی و سفتی اجزاء الاستیک بستگی دارد. سفتی از رابطه نیرو و افزایش طول فاشیا به دست می‌آید. هیدراتاسیون عاملی است که در تغییر سفتی فاشیا نقش دارد.[۲۶]

یکی از بارزترین ویژگی‌های فاشیا این است که به‌عنوان یک عضو حسی شناخته شده است زیرا دارای ذخایر غنی از اعصاب حسی، شامل گیرنده‌های حسی عمقی و گیرنده‌های چندهسته‌ای می‌باشد و مهمترین عضو بدن برای حس عمقی است.[۲۸] در مطالعات اخیر به این نتیجه رسیده‌اند که گیرنده‌های مفصلی که درون کپسول مفصلی و لیگامنت‌های مرتبط با آن قرار گرفته‌اند، اهمیت کمتری برای حس عمقی نرمال دارند زیرا آنها در انتهای دامنه حرکتی مفصل تحریک می‌شوند، نه در حین حرکات فیزیولوژیک.[۲۹، ۳۰] برعکس، انتهای اعصاب حس عمقی، درون لایه‌های سطحی فاشیا به نحوی قرار دارد که حرکات زاویه‌ای کوچک در مفصل نیز باعث احساس حرکات کششی و برشی واضحی در فاشیا می‌شود. اعصاب حسی تراکم بیشتری در لایه‌های سطحی فاشیا نسبت به لایه‌های عمقی دارد.[۳۱]

آسیب‌های فاشیا

آسیب‌های فاشیا همواره در رابطه با فعالیت‌های ورزشی گزارش شده است زیرا فعالیت‌های تفریحی و ورزشی با بی‌ثباتی، ضربه، کشیدگی و غیره مرتبط است. آسیب‌های فاشیا که ورزشکاران غالبا با آنها مواجه می‌شوند، طیف وسیعی از التهاب گرفته تا پارگی کامل را دربرمی‌گیرند. برخی از شایع‌ترین آسیب‌های فاشیا عبارتند از شل بودن، خشک بودن، گرفتگی و التهاب فاشیا و غیره. علت آسیب‌ها غالبا ترکیبی از چند عامل و یا یکی از عوامل بیومکانیکی، اشتباهات تمرینی و داروهایی می‌باشد که باعث التهاب، انحطاط و یا پارگی فاشیا می‌شود.

ایجاد آسیب بیش‌ازحد در تاندون‌ها شامل تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله تغییر نوع کلاژن و اندازه تار و تخریب کلاژن است. حجم ماتریس خارج سلولی در تاندون‌ها، رباط‌ها، استخوان‌ها و عضلات تحت تأثیر فعالیت بدنی است و با سنتز کلاژن و تجزیه آنزیم‌های متالوپروتئاز با بارگذاری مکانیکی افزایش می‌یابد. برعکس، عدم فعالیت به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش حجم کلاژن در تاندون و عضله می‌شود. با این توضیح به نظر می‌رسد که یکی از راه‌های پیشگیری از آسیب‌های فاشیا، افزایش آمادگی فاشیا پیش از رقابت‌ها و تمرینات شدید ورزشی با استفاده از تمرینات علمی و کاربردی و اصلاح روش‌های تمرینی است زیرا با توجه به نوع کلاژن، افزایش تمرین جسمانی منجر به افزایش حجم کلاژن و سنتز شبکه کلاژن می‌شود. این تغییرات خواص مکانیکی و ویژگی‌های ویسکولاستیک بافت را تعدیل می‌کند، استرس آن را کاهش می‌دهد و احتمالا باعث مقاومت بیشتر بافت می‌شود.[۱۴]

به نظر می‌رسد ضروری است تا به منظور تقویت و ایجاد انعطاف‌پذیری، قدرت و مقاومت در برابر آسیب در شبکه فاشیایی، دیدگاه‌های جدید ناشی از تحقیقات در زمینه فاشیا به برنامه‌های تمرینی فیزیوتراپ‌ها، مربیان ورزشی و علاقمندان به ورزش منتقل شود؛ از این رو، در مطالعه مروری کنونی، تحقیقات مختلف در زمینه روش‌های مختلف تمرینی برای افزایش سطح آمادگی و بهبود عملکرد فاشیا به‌صورت موضوعی-تاریخی مورد بررسی قرار گرفتند.

تمرینات آمادگی فاشیا

تمرینات متمرکز شبکه فاشیایی برای ورزشکاران از اهمیت بالایی برخوردار است. هنگامی که فاشیای بدن یک فرد به‌خوبی تحت آموزش و تمرین قرار گرفته باشد و قابلیت الاستیک، انعطاف‌پذیری و قدرت خوبی داشته باشد، می‌تواند ضمن پیشگیری از آسیب در انجام وظایف به‌طور مؤثر عمل کند.[۱۴] در ورزش به‌طور سنتی، بیشترین تاکید بر تقویت قدرت عضلانی، آمادگی قلب و عروق و هماهنگی عصبی-عضلانی بوده است، اما امروزه برخی از فعالیت‌های بدنی جایگزین، برای تقویت فاشیا و بافت همبند به کار برده می‌شود. در این خصوص،

www.SID.ir

Archive of SID

دستورالعمل‌های تمرینی با بهره‌گیری از ویژگی‌های بیومکانیکی و نروفیزیولوژیکی فاشیا با هدف بازسازی بهینه شبکه فاشیایی (نسبت به آمادگی بافت‌های عضلانی و قلبی-عروقی) ارائه شده است؛ به‌عنوان مثال، می‌توان به تمرینات کششی استاتیک آرام و کشش پویای سریع و تأثیر آن روی فاشیا اشاره کرد.

در زمینه تأثیر کشش ایستا بر فاشیا، Schleip و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر کشش استاتیک بر بافت همبند فاشیای کمری-پشتی ۹ موش به این نتیجه رسیدند که با اعمال ۱۵ دقیقه کشش ایزومتریک بر فاشیای کمری-پشتی، سفتی فاشیا افزایش یافته که این سفتی بعد از ۳۰ دقیقه استراحت نیز مشاهده شد. افزایش سفتی فاشیا ناشی از تغییرات محتوای مایع فاشیا بود که بعد از زمان استراحت افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که میزان افزایش سفتی فاشیا بعد از زمان استراحت بیشتر از زمان بلافاصله بعد از کشش باشد.[۳۲] Adamantios و همکاران (۲۰۱۰) مطالعه‌ای را با هدف بررسی تاثیر استرین دوره‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و مکانیکی تاندون آشیل ۱۱ مرد جوان (میانگین ۲۳/۹ سال) اجرا کردند؛ در این مطالعه ۱۴ هفته‌ای (هر هفته ۴ روز و هر روز ۵ ست) در یکی از پاها استرین کم (۳٪-۲/۵) و در پای دیگر استرین زیاد (۵٪-۴/۵) در حین اجرای ۸۵ درجه دورسی فلکشن مچ پا ایجاد کردند. پروتکل تمرینات به‌صورت یک ثانیه کشش، یک ثانیه استراحت، برای استرین زیاد، ۱۲ تکرار و برای استرین کم، ۲۰ تکرار اجرا شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بعد از ۱۴ هفته تمرینات کششی، سفتی تاندون و خاصیت الاستیک آن بعد از تمرینات با استرین زیاد تقریبا ۴/۷٪ افزایش یافت، اما در سفتی و خاصیت الاستیک تاندون بعد از تمرینات با استرین کم تغییری ایجاد نشد.[۳۳] این یافته‌ها نشان می‌دهد که احتمالا تاندون، آستانه تحریکی برای ایجاد تغییر شکلش داشته باشد و تمرینات کششی ایستا با شدت کم به اندازه فعالیت‌های روزانه به تاندون بار اعمال می‌کنند؛ به همین دلیل، در خاصیت الاستیک و سفتی تاندون تغییری ایجاد نمی‌کنند. در این زمینه، Yahia و همکاران (۱۹۹۳) در بررسی تاثیر کشش و کشش-استراحت بر خاصیت ویسکوالاستیکی فاشیای لامبودورسال، جسد سه مرد ۵۹، ۶۹ و ۷۳ ساله، به این نتیجه رسیدند که کشش باعث افزایش طول فاشیا می‌شود، اما استراحت بین دو مرحله کشش سفتی فاشیا را افزایش می‌دهد و هرچه مدت‌زمان استراحت بین دو کشش افزایش یابد، میزان نیروی بیشتری نیاز است تا فاشیا به حد معینی از استرین (۶٪) برسد؛ در نتیجه با افزایش زمان استراحت بین دو کشش، خاصیت ویسکوالاستیکی فاشیا افزایش می‌یابد.[۳۴] با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که به‌طور کلی کشش استاتیک باعث افزایش خاصیت الاستیک و سفتی فاشیا می‌شود. در واقع کشش ایستا خاصیت ویسکوالاستیک فاشیا را افزایش می‌دهد.

در زمینه تأثیر کشش پویا بر فاشیا، Mizuno (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای که به بررسی تغییرات به‌وجودآمده در دامنه حرکتی مفصل مچ و سفتی تاندون-عضله ۱۵ آزمودنی سالم (در چهار گروه) بعد از اجرای مقادیر متفاوتی از کشش پویا (یک ست، چهار ست و هفت ست و هر ست ۱۵ تکرار) پرداخته بود، به این نتیجه رسید که دامنه حرکتی مفصل مچ پا بعد از چهار ست و هفت ست کشش پویا نسبت به قبل از کشش افزایش یافت. بین دامنه حرکتی مفصل بعد از یک ست کشش پویا و قبل از کشش، تفاوت معناداری وجود نداشت. سفتی تاندون-عضله بعد از هیچ‌کدام از مراحل کشش تغییری نکرد. این نتایج نشان می‌دهد که بعد از ست چهارم دامنه حرکتی مفصل مچ پا افزایش می‌یابد بدون اینکه هیچ تغییری در سفتی تاندون-عضله ایجاد شود.[۳۵] در همین زمینه، Mizuno و Umemura (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر کشش پویا (چهار ست و هر ست ۳۰ ثانیه حرکت دورسی فلکشن و پلنتار فلکشن) بر دامنه حرکتی مفصل مچ پا و سفتی تاندون-عضله ۱۲ آزمودنی سالم در بلافاصله بعد از کشش و ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه بعد از کشش پویا به این نتیجه رسیدند که دامنه حرکتی مفصل مچ پا بلافاصله بعد از کشش و ۱۰ دقیقه بعد از کشش پویا نسبت به قبل از کشش افزایش یافت، درحالی‌که سفتی تاندون-عضله در مراحل مختلف ارزیابی تغییری نکرد.[۳۶] Samukawa و همکاران (۲۰۱۱) مطالعه‌ای را در موضوع تأثیر کشش پویا بر ویژگی‌های تاندون عضلات پلنتار فلکسور ۲۰ آزمودنی مرد سالم انجام دادند؛ آزمودنی‌ها ۵ ست و هر ست به مدت ۳۰ ثانیه کشش پویا را در تاندون عضلات پلنتار فلکسور اجرا کردند و دامنه حرکتی مفصل مچ پا در حرکت دورسی فلکشن، قبل و بعد از کشش پویا با استفاده از التراسونوگرافی اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده دامنه حرکتی مچ پا بعد از حرکات کششی پویا افزایش یافت که نشان می‌دهد حرکات کششی پویا باعث افزایش طول تاندون آشیل و انعطاف‌پذیری مفصل مچ پا می‌شود.[۳۷] این نتایج نشان می‌دهد که کشش پویا دامنه حرکتی مفصل را افزایش می‌دهد بدون اینکه تغییری در سفتی تاندون-مفصل ایجاد شود. همچنین Wei-Ren و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر کشش دوره‌ای سینوسی بر ویژگی‌های تنشی تاندون کشککی و لیگامنت جانبی میانی ۱۰ موش نر پرداخته بودند، به این نتیجه رسیدند که بعد از کشش دوره‌ای (اعمال بار ۰/۵ تا ۱/۵ نیوتن با فرکانس ۰/۵ Hz و ۱۵۰ دوره سینوسی) که با استرین نسبتا پایین در مدت‌زمان طولانی ایجاد شد، قدرت تنشی، استرس و ضریب الاستیک تاندون کشککی و لیگامنت جانبی میانی زانو به‌طور معناداری افزایش یافت.[۳۸] افزایش استرس تنشی و ضریب الاستیک، مقاومت تاندون و لیگامنت در برابر آسیب را افزایش می‌دهد[۳۹، ۴۰] و کاهش ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

الاستیک یکی از علائم بالقوه آسیب در لیگامنت است[۴۱]؛ بنابراین به نظر می‌رسد استفاده طولانی‌مدت و منظم از کشش پویا تأثیر مثبتی بر ساختار بافت همبند دارد و موجب افزایش خاصیت الاستیک آن می‌شود.[۴۲] به‌طور کلی، کشش پویا باعث افزایش انعطاف‌پذیری و خاصیت الاستیک فاشیا می‌شود و تأثیری بر سفتی آن ندارد.

مطالعات اخیر توسط Arampatzis و همکاران (۲۰۱۰) ثابت کرده‌اند که برای رسیدن به سازگاری در تاندون‌ها، مقدار استرین به‌کاربرده‌شده در تمرینات باید بیشتر از مقداری باشد که در فعالیت‌های عادی اتفاق می‌افتد، البته آنها آستانه‌ای را برای مقدار استرین تعیین کرده‌اند.[۳۳] اگر تمرینات کششی استاتیک و پویا به‌طور منظم انجام شود، در طولانی‌مدت باعث افزایش نیرو، ارتفاع پرش و سرعت حرکت می‌شود.[۴۳] روش‌های مختلف کشش به اجزای متفاوتی از فاشیا وارد می‌شود. تمرینات کشش استاتیک، به عضلات در دامنه طبیعی‌اش نیرو وارد می‌کند و فاشیایی که در ردیف تارهای عضلانی فعال قرار دارند، کشیده می‌شوند؛ بنابراین کشش کمتری بر فاشیای خارج عضلانی نسبت به فاشیای درون‌عضلانی وارد می‌شود، در نتیجه نیروی بیشتری نیاز است تا فاشیای خارج عضلانی نیز به‌خوبی فاشیای درون‌عضلانی کشیده شود.[۴۴] الگوی کشش پویا که عضله در وضعیت طول بلندش منقبض می‌شود، بخش‌های بیشتری از فاشیا را تحریک می‌کند؛ در نتیجه با اعمال بار کمتر و در مدت-زمان کمتری می‌توان به نتیجه مورد نظر که افزایش انعطاف‌پذیری و خاصیت الاستیک فاشیای درون‌عضلانی و خارج عضلانی است، دست یافت[۴۵]؛ بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به نتایج مطالعات گذشته، تمرینات پلایومتریک بیشترین تأثیر را بر افزایش انعطاف‌پذیری و خاصیت الاستیک فاشیای درون‌عضلانی و خارج عضلانی داشته باشد.

تمرین قدرتی و مقاومتی، نوع دیگری از تمرینات هستند که با موضوع اثر آن بر فاشیاها، در تحقیقات مورد توجه قرار گرفته‌اند. در مطالعه‌ای که Findley و همکاران (۲۰۱۵) در متاآنالیزی به بررسی انتقال نیروی عضلات سولئوس، تیبیالیس انتریور، تریسپس، پلنتار فاشیا و فلکسورها و اکستنسورهای آرنج به فاشیا در حین تمرین قدرتی پرداخته بودند، به این نتیجه رسیدند که ۵۰٪ از فشار طولی عضله به فاشیا منتقل می‌شود. در فرآیند انقباض-استراحت عضلات نیز فشار به فاشیا منتقل می‌شود. فاشیا برای سازگاری با فشارهای تولیدشده تغییر وضعیت می‌دهد و قطرش افزایش می‌یابد. گسترش قطری مجرای فاشیا ناشی از کوتاه شدن طولی آن است. همچنین بافت طبیعی فاشیا به‌صورتی است که وقتی گسترش قطری دارد، نیروی انقباضی‌اش افزایش می‌یابد.[۴۶] در این زمینه، Stecco و همکاران (۲۰۰۹) با تحقیقی که روی جسد ۱۱ مرد و چهار زن با میانگین سن ۸۴/۴ سال که مومیایی و منجمد نشده بودند، انجام دادند، مدعی شدند که فاشیای عمیق بازویی قدامی، توانایی سازگار شدن با تغییر حجم عضله دوسر بازویی در حین اجرای فلکشن آرنج را دارد. در حین فلکشن آرنج، انقباض عضله دوسر بازویی، فاشیای عمیق بازویی قدامی در جهت انقباض و اعمال نیروی عضله کشیده می‌شود. انقباض و تولید نیرو توسط عضلات باعث افزایش ضخامت و قدرت فاشیای متصل به آنها می‌شود.[۲] در مطالعه‌ای که Kongsgaard و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر تمرین مقاومتی سبک و سنگین بر هایپرتروفی تاندون کشککی ۱۲ مرد جوان سالم پرداخته بودند، به این نتیجه رسیدند که بعد از ۱۲ هفته تمرین سبک و سنگین مقاومتی اکستنشن زانو، سطح مقطع انتهای پروگزیمال تاندون کشککی بعد از تمرین مقاومتی سبک تا ۷٪ افزایش یافت، اما در بخش میانی و دیستال تاندون تغییری ایجاد نشد. سطح مقطع پروگزیمال و دیستال تاندون کشککی بعد از تمرین مقاومتی سنگین به‌ترتیب تا ۶٪ و ۴٪ افزایش یافت، اما در بخش میانی تاندون تغییری ایجاد نشد. در تمرینات مقاومتی سنگین سفتی تاندون نیز افزایش یافت، اما در تمرینات سبک تغییری در سفتی تاندون ایجاد نشد. ضریب الاستیک تاندون نیز بعد از هیچ‌یک از تمرینات تغییری نکرد.[۴۷] در مطالعه‌ای که Kubo و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی بر ویژگی‌های ویسکوالاستیک ساختار تاندون اکستنسورهای زانوی ۱۶ مرد در حین یک دوره استراحت پرداختند، به این نتیجه رسیدند که در گروهی که تحت تمرینات مقاومتی (۲۰ روز تمرین پرس پا، هر روز ۵ ست، هر ست ۱۰ تکرار با وزنه ۹۰٪ قدرت بیشینه) قرار گرفتند، سفتی تاندون افزایش و میزان هیسترزیس کاهش یافت، اما در گروهی که در دوره استراحت تحت تمرینات مقاومتی قرار نگرفتند، سفتی تاندون کاهش و میزان هیسترزیس افزایش یافت.[۴۸]

نتایج حاصل از مرور بر این بخش از تحقیقات نشان می‌دهد که تمرینات قدرتی و مقاومتی، اثری مثبت بر آمادگی فاشیا و عملکرد آن دارد و با افزایش ضخامت، قطر و سفتی فاشیا باعث افزایش نیروی آن می‌شود. همچنین تمرینات قدرتی و مقاومتی باعث کاهش هیسترزیس در فاشیا می‌شود. با توجه به سازگاری فاشیا با این نوع از تمرینات، از آسیب‌دیدگی آن در مقابل فشارهای وارده جلوگیری می‌کند.

نوع دیگر تمرینات که به موضوع فاشیا مرتبط است، تمرینات استقامتی است. در زمینه تأثیر تمرینات استقامتی بر فاشیا، Stenroth و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی ویژگی‌های تاندون و عضله سه‌سر ساق در ورزشکاران مسن استقامتی (۱۰ نفر، میانگین سن ۷۴ سال) و افراد مسن غیرفعال (۳۳ نفر، میانگین سن ۷۴/۸ سال) به این نتیجه رسیدند که سطح مقطع تاندون آشیل در ورزشکاران مسن استقامتی (۴۵٪) بیشتر از افراد مسن غیرفعال (۲۲٪) بود، ضمن اینکه بین سفتی تاندون هر دو

www.SID.ir

Archive of SID

گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد، اگرچه ضریب الاستیک تاندون آشیل در ورزشکاران مسن استقامتی بیشتر از افراد مسن غیرفعال و طول فاسیکول عضله نعلی در ورزشکاران مسن استقامتی کمتر از افراد مسن غیرفعال بود. این ویژگی ناشی از سازگاری با تمرینات استقامتی است.[۴۹] در مطالعه Miller و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی سرعت سنتز کلاژن تاندون کشککی مردان جوان سالم بعد از تمرین استقامتی (یک ساعت ضربه با پا تا ۶۷٪ حداکثر بار) به این نتیجه رسیدند که سرعت سنتز کلاژن تاندون از ۶ تا ۲۴ ساعت بعد از تمرین تقریبا ۰/۱۳٪ در هر ساعت افزایش می‌یابد، اما بعد از آن تا ۷۲ ساعت میزان سنتز کلاژن کاهش می‌یابد (۰/۰۶٪ در هر ساعت)، اما همچنان از مقدار حالت استراحت بیشتر است.[۵۰] در این زمینه، Reeves و همکاران (۲۰۰۳a) در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر ۱۴ هفته (هر هفته ۳ جلسه) تمرین استقامتی (پرس پا و اکستنشن پا با ۸۰٪ قدرت ۵ تکرار بیشینه) بر ویژگی‌های مکانیکی تاندون کشککی زانو در ۹ آزمودنی (میانگین سن ۷۴/۳ سال) به‌عنوان گروه تجربی و ۹ آزمودنی به‌عنوان گروه کنترل (میانگین سن ۶۷/۱ سال) پرداخته بودند، به این نتیجه رسیدند که بعد از تمرین استقامتی، سفتی تاندون کشککی تا ۶۵٪ افزایش می‌یابد و زمانی‌که سفتی تاندون نسبت به ابعاد تاندون نرمالیز شد، این افزایش تا ۶۹٪ نیز رسید؛ این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش نیروی تاندون، طول آن کاهش می‌یابد، اما افزایش در سفتی تاندون کشککی بدون هایپرتروفی تاندون رخ می‌دهد؛ یعنی سطح مقطع تاندون تغییر نمی‌کند، درحالی‌که ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده تاندون از جمله کلاژن، تغییر می‌یابد.[۵۱] این نتیجه مشابه نتیجه‌ای بود که Kubo و همکاران (۲۰۰۲) بعد از ۸ هفته تمرین استقامتی (هر هفته ۴ جلسه، هر جلسه ۵ ست و هر ست ۱۰ تکرار با ۷۰٪ قدرت یک تکرار بیشینه) در افراد بالغ جوان به آن دست یافتند. آنها به این نتیجه رسیدند که بعد از اجرای تمرین استقامتی در حین اجرای حرکت پلنتار فلکشن، سفتی تاندون عضله دوقلوی میانی تا ۱۸٪ افزایش یافت.[۵۲] همچنین در مطالعه‌ای Reeves و همکاران (۲۰۰۳b) به این نتیجه دست یافتند که بعد از ۱۴ هفته (هر هفته ۳ جلسه) تمرین استقامتی (پرس پا و اکستنشن پا با ۸۰٪ میانگین قدرت ۵ تکرار بیشینه) میزان پسماند (Hysteresis) مکانیکی تاندون کشککی در افراد مسن (میانگین سن ۷۳/۶ سال) از ۳۳٪ (قبل از تمرین) به ۲۴٪ (بعد از تمرین) کاهش یافت[۵۳]، اما در مطالعه Kubo و همکاران (۲۰۰۲) بعد از ۸ هفته تمرین استقامتی (هر هفته ۴ جلسه، هر جلسه ۵ ست و هر ست ۱۰ تکرار با ۷۰٪ قدرت یک تکرار بیشینه)، در افراد بالغ جوان در حین اجرای حرکت پلنتار فلکشن، میزان هیسترزیس تاندون عضله دوقلوی میانی تغییری نکرد.[۵۲] همچنین در مطالعه دیگری که توسط Kubo و همکاران (۲۰۰۳b) منتشر شده است، بعد از تمرین استقامتی، تغییر معناداری در طویل شدن تاندون گزارش شده است، اگرچه سفتی و هیسترزیستاندون عضله راست خارجی زنان میانسال و مسن بعد از ۶ ماه تمرین استقامتی با شدت کم (اسکات با استفاده از وزن بدن) تغییری نکرد و تنها قدرت و حجم عضله افزایش یافت.[۵۴] Kovanen و همکاران (۱۹۸۴) پس از بررسی تأثیر تمرین استقامتی (چهار هفته دویدن روی تردمیل، هر هفته ۵ روز) بر بافت همبند عضلات اسکلتی تندانقباض (راست‌رانی) و کندانقباض (سولئوس) در موش‌های آموزش‌دیده به این نتیجه رسیدند که بعد از تمرینات استقامتی میزان کلاژن موجود در بافت همبند عضله کندانقباض نسبت به قبل از تمرین بیشتر از میزان کلاژن عضله تندانقباض بود و متابولیسم کلاژن در عضلات کندانقباض افزایش یافت.[۵۵]

به‌طور خلاصه، نتایج حاصل از این بخش از مطالعات نشان می‌دهد که تمرین استقامتی باعث افزایش سفتی فاشیا و سنتز کلاژن و کاهش هیسترزیس فاشیا می‌شود و این سازگاری که ناشی از تمرین استقامتی است، باعث افزایش نیروی عضلانی و کاهش آسیب‌پذیری فاشیا می‌شود.

ترکیب تمرینات مقاومتی و کششی، معمولا برای بهبود عملکرد افراد در حرکات مختلف به کار برده می‌شود. اگرچه برنامه تمرینی مقاومتی و کششی به‌صورت ترکیبی بر ویژگی‌های بیومکانیکی عضله و تاندون تأثیرگذار است، اما بسیاری از مطالعات گذشته تنها تغییرات ایجادشده در ویژگی‌های اجزای عضلات را گزارش کرده‌اند و تعداد بسیار اندکی به بررسی تغییرات تاندون پرداخته‌اند. Kubo و همکاران (۲۰۰۲) بعد از هشت هفته تمرین ترکیبی مقاومتی-کششی (تمرین مقاومتی: ۴ روز در هفته، هر جلسه ۵ ست و هر ست ۱۰ تکرار با ۷۰٪ قدرت یک تکرار بیشینه و تمرین کششی: ۷ روز در هفته، در هر روز ۱۰ دقیقه) در افراد بالغ جوان به این نتیجه رسیدند که بعد از اجرای تمرین ترکیبی مقاومتی-کششی در حین اجرای حرکت پلنتارفلکشن، سفتی تاندون عضله دوقلوی میانی تا ۱۵٪ افزایش می‌یابد و میزان پسماند ۱۷٪ کاهش می‌یابد و در میزان سفتی تاندون تفاوت معناداری بین نتایج تمرین مقاومتی و تمرین ترکیبی مقاومتی-کششی وجود نداشت. در تمرینات ترکیبی مقاومتی و کششی، تمرینات مقاومتی میزان سفتی ساختار تاندون را افزایش می‌دهد و تمرینات کششی بر ویسکوزیتی ساختار تاندون تأثیر داشت و بر خاصیت الاستیک آن تأثیری نداشت.[۵۲] در جدول ۱، دسته‌بندی مطالعات انجام‌شده بر اساس اثر تمرینات کششی (ایستا و پویا) قدرتی، استقامتی و ترکیبی از تمرینات قدرتی-کششی بر فاشیا به‌ترتیب از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. اثر عوامل مختلف بر ساختار و عملکرد فاشیا

ردیف	عامل موثر بر فاشیا	نام نویسنده	سال	جمعیت مورد مطالعه	مدت‌زمان مورد مطالعه	ناحیه مورد مطالعه	نتیجه
۱	کشش ایستا	چلیپ	۲۰۱۲	۹ موش	۱۵ دقیقه کشش-۳۰ دقیقه استراحت	فاشیای کمری-پشتی	افزایش سفتی فاشیا بلافاصله بعد از کشش و بعد از استراحت
۲	کشش ایستا	آدامانش وس	۲۰۱۰	۱۱ مرد جوان	۱۴ هفته استرین کم و زیاد	تاندون آشیل	افزایش خاصیت الاستیک و سفتی با استرین زیاد
۳	کشش و کشش-استراحت	یحیی	۱۹۹۳	۳ جسد	۸۰۰ ثانیه کشش و ۳۰ دقیقه و ۱ ساعت استراحت بین کشش‌ها	فاشیای لومبودورسال	افزایش طول فاشیا پس از کشش افزایش خاصیت ویسکوالاستیکی و سفتی فاشیا با افزایش زمان استراحت
۴	کشش پویا	میزونو	۲۰۱۷	۱۵ آزمودنی سالم	۱، ۴ و ۷ ست	تاندون آشیل	افزایش دامنه حرکتی مفصل بعد از ست چهارم و عدم تغییر در سفتی تاندون
۵	کشش پویا	میزونو و آمورا	۲۰۱۶	۱۲ آزمودنی سالم	۴ ست ۳۰ ثانیه‌ای	تاندون آشیل	افزایش دامنه حرکتی مفصل بلافاصله و ۱۰ دقیقه بعد از کشش و عدم تغییر در سفتی تاندون
۶	کشش پویا	ساموکاوا	۲۰۱۱	۲۰ آزمودنی مرد سالم	۵ ست ۳۰ ثانیه‌ای	تاندون عضلات پلنتار فلکسور	افزایش طول تاندون و دامنه حرکتی مفصل
۷	کشش پویا دوره‌ای سینوسی	وی رن	۲۰۰۸	۱۰ موش نر	۱۵۰ دوره سینوسی	تاندون کشککی و لیگامنت جانبی میانی	افزایش قدرت تنشی و ضریب الاستیک
۸	تمرین قدرتی	فایندلی	۲۰۱۵	۵۳ نفر	متاآنالیز	میوفاشیای سولئوس، تیبیالیس انتریور، تریسپس، پلنتار فاشیا و فلکسورها و اکستنسورهای آرنج	انتقال فشار از عضله به فاشیا، افزایش قطر فاشیا و افزایش نیروی انقباضی فاشیا
۹	انقباض عضلانی	استکو	a۲۰۰۹	۱۱ مرد و ۴ زن	-----	ناحیه قدامی اندام فوقانی	افزایش ضخامت و قدرت فاشیا
۱۰	تمرین مقاومتی سبک و سنگین	کانگسگارد	۲۰۰۷	۱۲ مرد جوان سالم	۱۲ هفته	تاندون کشککی	افزایش سطح مقطع و سفتی تاندون بعد از تمرینات مقاومتی سنگین و افزایش سطح مقطع تاندون بعد از تمرینات مقاومتی سبک
۱۱	تمرین مقاومتی	کوبو	۲۰۰۴	۱۶ مرد	۲۰ روز	تاندون اکستنسورهای زانو	افزایش سفتی تاندون و کاهش پسماند پس از تمرینات مقاومتی
۱۲	تمرین استقامتی	استنروس	۲۰۱۶	۱۰ نفر سالمند ورزشکار استقامتی و ۳۳ نفر افراد مسن غیرفعال	---	تاندون و عضله سه سر ساقی	خاصیت الاستیک بالا در افراد استقامتی نسبت به افراد غیرفعال
۱۳	تمرین استقامتی	میلر	۲۰۰۵	۱۴ آزمودنی سالم	یک ساعت	تاندون کشککی	افزایش سرعت سنتز کلاژن تا ۲۴ ساعت بعد از تمرین
۱۴	تمرین استقامتی	ریوز	۲۰۰۳a	گروه تجربی: ۹ نفر مسن گروه کنترل: ۹ نفر مسن	۱۴ هفته	تاندون کشککی زانو	افزایش سفتی تاندون کشککی
۱۵	تمریناستقامتی	کوبو	۲۰۰۲	۸ آزمودنی جوان	۸ هفته	تاندون عضله دوقلو	افزایش سفتی تاندون و عدم تغییر در پسماند (Hysteresis) مکانیکی
۱۶	تمریناستقامتی	ریوز	۲۰۰۳b	گروه تجربی: ۷ نفر مسن گروه کنترل: ۷ نفر مسن	۱۴ هفته	تاندون کشککی زانو	کاهش پسماند (Hysteresis) مکانیکی
۱۷	تمریناستقامتی	کوبو	۲۰۰۳b	۱۱ آزمودنی میانسال و مسن	۶ ماه	تاندون عضله پهن خارجی	افزایش طویل شدن فاشیا و عدم تأثیر در سفتی و پسماند مکانیکی تاندون
۱۸	تمریناستقامتی	ووکو	۱۹۸۴	موش	۴ هفته	بافت همبند عضلات راست‌رانی و نعلی	افزایش متابولیسم کلاژن در عضله کندانقباض
۱۹	تمرین مقاومتی-کششی	کوبو	a۲۰۰۲	۸ مرد سالم	۸ هفته	تاندون عضله دوقلوی داخلی	افزایش سفتی و کاهش پسماند مکانیکی تاندون

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

هدف مطالعه مروری سیستماتیک حاضر، بررسی اثر تمرینات کششی (ایستا و پویا) قدرتی، مقاومتی، استقامتی و ترکیبی از تمرینات مقاومتی-کششی بر عملکرد فاشیا بود.

با توجه به بررسی تحقیقات انجام‌شده، این نوع از تمرینات تأثیر مثبت بر آمادگی، عملکرد و ساختار فاشیا در افراد مختلف دارند. تمرینات کششی ایستا بر خاصیت الاستیک و سفتی فاشیا تأثیرگذار است و باعث افزایش انعطاف‌پذیری و قدرت فاشیا می‌شود. تمرینات کششی پویا بیشترین تأثیر را بر خاصیت الاستیک فاشیا دارد و باعث بهبود انعطاف‌پذیری فاشیا می‌شود. همچنین برای اثربخش بودن کشش بهتر است زمان کشش نه خیلی کوتاه و نه طولانی‌مدت باشد زیرا افزایش زمان کشش با شدت بالا باعث آسیب بافت و رسیدن به نقطه شکست می‌شود و با شدت کم نیز طول فاشیا افزایش نمی‌یابد. همچنین، اگر هدف از تمرینات کششی افزایش انعطاف‌پذیری فاشیا است، توصیه می‌شود که فاصله استراحت بین وهله‌های کشش کمتر از ۳۰ دقیقه باشد زیرا با افزایش زمان استراحت بین دو کشش خاصیت ویسکوالاستیکی فاشیا افزایش می‌یابد و بافت دوباره به طول اولیه خود برمی‌گردد. تمرینات قدرتی (مقاومتی سبک و سنگین) باعث افزایش قطر، ضخامت و سطح مقطع فاشیا می‌شود، اما تنها تمرینات مقاومتی سنگین سفتی فاشیا را افزایش می‌دهد. تمرینات مقاومتی همچنین باعث کاهش هیسترزیس در فاشیا می‌شود. تمرینات استقامتی با تأثیر بر سنتز کلاژن در فاشیا باعث افزایش سفتی و خاصیت الاستیک فاشیا می‌شود. نوع دیگری از تمرینات که ترکیبی از تمرینات مقاومتی و کششی است، باعث افزایش سفتی و کاهش هیسترزیس فاشیا می‌شود. در تمرینات ترکیبی مقاومتی-کششی، تمرینات مقاومتی میزان سفتی ساختار تاندون را افزایش می‌دهد و تمرینات کششی بر ویسکوزیتی ساختار تاندون تأثیر دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد می‌شود که ورزشکاران به‌خصوص افراد مبتدی همراه با تمرینات افزایش قدرت عضلات و استقامت قلبی-عروقی به تمرینات آمادگی فاشیا نیز بپردازند تا ضمن بهبود عملکرد فاشیا از آسیب‌دیدگی آن نیز پیشگیری کنند. این تمرینات باید مداوم باشد و دو تا سه بار در هفته اجرا شود. با وجود تنوع مطالعاتی که در مقاله حاضر بررسی شد، به نظر می‌رسد که پژوهش روی فاشیا و عوامل مؤثر بر آمادگی و سلامتی آن هنوز در ابتدای راه خود است زیرا هنوز به یک جریان پژوهشی تبدیل نشده است، اما از آنجا که راه حل بسیاری از مشکلات عضلانی-اسکلتی در شناخت فاشیا است، انتظار می‌رود پژوهش‌های بیشتری در ارتباط با تمرینات آمادگی فاشیا انجام شود.

منابع

1. Hyman J, Rodeo SA. Injury andrepair of tendons and ligaments. Phys Med RehabilClin N Am. 2000; 11(2):267-88.
2. Stecco A, Macchi V, Stecco C, Porzionato A, Ann Day J, Delmas V,et al.Anatomical study of myofascial continuity in the anterior region of the upper limb.Bodyw Mov Ther. 2009a;13(1):53-62.
3. Mathews MB. Connective tissue: macromolecular structure and evolution. Springer- Verlag, Berlin.1975; 118-23.
4. Passerieux E, Rossignol R, Chopard A. Structural organization of the perimysium in bovine skeletal muscle: Junctional plates and associated intracellular subdomains. Struct Biol. 2006; 154(2):206-16.
5. Van der wal JC. The architecture of the connective tissue in the musculoeskeletal system- an often overlooked contributor to proprioception in locomotor apparatus. Ther Bodyw Mas. 2009b; 4(2):9-23.
6. Bojsen-Moler J, Schwartz S, Kalliokoski KK, Finni T, Magnusson SP. Intermuscular force transmission between human plantarflexor muscles in vivo. Appl Physiol. 2010; 109(6):1608-18.
7. Maas H, Sandercock TG. Force transmission between synergistic skeletal muscles through connective tissue linkages. Biomed Biotechno. 2010; 64-86.
8. Turrina A, Martínez-González MA, Stecco C. The muscular force transmission system: role of the intramuscular connective tissue. Bodyw Mov Ther. 2013; 31;17(1):95-102.
9. DellaGJ. Postural improvement using score integrationto lengthen myofascia. Bodyw Mov Ther. 2008; 12:231-45.
10. Ajimsha MS, Al-Mudahka NR, Al-Madzhar JA. Effectiveness of myofascial release: Systematic review of randomized controlled trials.Bodyw Mov Ther. 2015; 31;19(1):102-12.
11. Beardsley C, Škarabot J. Effects of self-myofascial release: A Systematic Review. Bodyw Mov Ther. 2015; 19(4):747-58.
12. Fourie WJ. Considering wider myofascial involvement as a possible contributor to upper extremity dysfunction following treatment for primary breast cancer. Bodyw Mov Ther. 2008; 12:349-55.
13. Stecco A, Gesi M, Stecco C, Stern R. Fascial components of the myofascial pain syndrome. Curr Pain Headache Rep. 2013; 17(8):1-10.
14. Kjaer M, Langberg H,Heinemeier K, Bayer ML, Hansen M, Holm L, et al. From mechanical loading to collagen synthesis,

www.SID.ir

Archive of SID

structural changes and function in human tendon. Scand Med Sci Sports.2009; 19(4):500-10.
15. Findley TW. Fascia-current knowledge and future directions in physiatry: narrative review. Rehabil Res Dev. 2014; 51(6):875-84.
16. Kirilova M. Time-dependent properties of human umbilical fascia. Connect Tissue Res. 2012; 53(1):21-8.
17. Neuberger A, Slack H. The metabolism of collagen from liver, bones, skin and tendon in normal rats. Biochem. 1953; 53:47-52.
18. Wood TO, Cooke PH, Goodship AE. The effect of exercise and anabolic steroids on the mechanical properties and crimp morphology of the rat tendon. Am J Sports Med. 1988; 16(2):153-8.
19. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans. Exp Physiol. 2006; 91(3): 483-98.
20. Kram R, Dawson TJ. Energetics and biomechanics of locomotion by red kangaroos. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol. 1998; 120 (1):41-9.
21. Sawicki GS, Lewis CL, Ferris DP. It pays to have a spring in your step. Exerc Sport Sci Rev. 2009;37 (3):130-8.
22. Fukunaga T, Kawakami Y, Kubo K. Muscle and tendon interaction during human movements. Exerc Sport Sci Rev. 2002; 30(3):106-10.
23. Kawakami Y, Muraoka T, Ito S. In vivo muscle fibre behavior during countermovement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. Physiol. 2002; 540(2):635-46.
24. Jarvinen TA, Jozsa L, Kannus P. Organization and distribution of intramuscular connective tissue in normal and immobilized skeletal muscles. An immunohistochemical, polarization and scanning electron microscopic study. Muscle Res Cell Motil. 2002; 23(3):245-54.
25. Fukashiro S, Hay DC, Nagano A. Biomechanical behaviorof muscle-tendon complex during dynamic human movements. Applied Biomech. 2006; 22(2): 131-47.
26. Haut TL, Haut RC. The state of tissue hydration determines the strain-rate-sensitive stiffness of human patellar tendon. Biomech. 1997; 30:79-81.
27. Hamill J, Knutzen J.M. Biomechanical Basis of Human Movement. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.
28. Schleip R. Fascial plasticity- a new neurobiological explanation. Part 1. Bodyw Mov Ther.2003;7:11-9.
29. Lu Y, Chen C, Kallakuri S, Patwardhan A, Cavanaugh JM. Neural response of cervical facet joint capsule to stretch:a study of whiplash pain mechanism. Stapp Car Crash. 2005;49: 49-65.
30. Proske U, Gandevia SC. The kinaesthetic senses. Physiol.2009; 587: 4139-46.
31. Tesarz J, Hoheisel U, Wiedenhofer B, Mense S. Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. Neurosci. 2011; 194:302-308.
32. Schleip R, Duerselen L, Vleeming A, Navlor IL, Lehmann-Horn F, Zorn A, et al. Strain hardening of fascia: Static stretching of dense fibrous connective tissues can induce a temporary stiffness increase accompanied by enhanced matrix hydration. Bodyw Mov Ther. 2012b; 16:94-100.
33. Arampatzis A, Peper A, Bierbaum A, Albracht K. Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. Biomech; 2010; 43: 3073-79.
34. Yahia L, Pigeon P, Desrosiers EA. Viscoelastic properties of the human lumbodorsal fascia. Biomed Engin. 1993; 15:425-9.
35. Mizuno T.Changes in joint range of motion and muscle-tendon unit stiffness after varying amounts of dynamic stretching. Sports Sci. 2017;35(21):2157-63.
36. Mizuno T, Umemura Y. Dynamic Stretching does not Change the Stiffness of the Muscle-Tendon Unit.Sports Med. 2016;37(13):1044-50.
37. Samukawa M, Hattori M, Sugama N, Takeda N. The effects of dynamic stretching on plantar flexor muscle-tendon tissueproperties. Manual Ther. 2011; 16:618-22.
38. Su WR, Chen HH, Luo ZP. Effect of cyclic stretching on the tensile properties of patellar tendon and medial collateral ligament in rat. Clin Biomech.2008;23:911-7.
39. Wren TA, Lindsey DP, Beaupre GS, Carter DR. Effects of creep and cyclic loading on the mechanical properties and failure ofhuman Achilles tendons. Ann. Biomed. Eng. 2003; 31:710-7.
40. Provenzano PP, Heisey D, Hayashi K, Lakes R, Vanderby Jr R. Subfailure damage in ligament: a structural and cellular evaluation. Appl Physiol. 2002; 92:362-71.
41. Thornton GM, Shrive NG, Frank CB. Ligament creep recruits fibres at low stresses and can lead to modulus-reducing fibre damage at higher creep stresses: a study in rabbit medial collateral ligament model. Orthop Res. 2002; 20: 967-74.

www.SID.ir

Archive of SID

42. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. Orthop Sports Phys Ther. 2005; 35:377-87.
43. Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. Sport Med. 2004; 14:267-73.
44. Huijing PA. Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. Biomech. 1999; 32:329-45.
45. Schleip R, Mueller DG. Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications. Bodyw Mov Ther. 2013;17(1):103-15
46. Findley T, Dhar S, Chaudhry H. Transmission of muscle force to fascia during exercise. Bodyw Mov Ther. 2015; 19:119-23.
47. Kongsgaard M, Reitelseder S, Pedersen TG, Holm L, Aagaard P, Kjaer M, et al. Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. Acta Physiol.2007; 191:111-21.
48. Kubo K, Akima H, Ushiyama J, Tabata I, Fukuoka H, Kanehisa H, et al.Effects of resistance training during bed rest on the viscoelastic properties of tendon structures in the lower limb.Scand J Med Sci Sports. 2004;14(5):296-302.
49. Stenroth L, Cronin NJ, Peltonen J, Korhonen MT, Sipilä S, Finni T. Triceps surae muscle tendon properties in older endurance- and sprint-trained athletes. J Appl Physiol (1985). 2016; 1;120(1):63-9.
50. Miller BF, Olesen JL, Hansen M, Dossing S, Crameri RM, Welling RJ. et al. Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. Physiol.2005;567:1021-33.
51. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Effect ofstrength training on human patella tendon mechanicalproperties of older individuals. Physiol. 2003a; 548:971-81.
52. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of resistanceand stretching training programmes on the viscoelasticproperties of human tendon structures in vivo. Physiol .2002; 538:219-26.
53. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. Strengthtraining alters the viscoelastic properties of tendons inelderly humans. Muscle Nerve. 2003b; 28:74-81.
54. Kubo K, Kanehisa H, Miyatani M, Tachi M, Fukunaga T. Effect of low-load resistance training on the tendonproperties in middle-aged and elderly women. Acta PhysiolScand. 2003b; 178:25-32.
55. Kovanen V,Suominen H ,Heikkinen E. Connective tissue of 'fast' and 'slow' skeletal muscle in rats: Effects of endurance training.Euro Appl Physiol Occup Physiol.1984; 52(2):235-42.

www.SID.ir