

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت معلم تهران  
دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی (Ph.D)  
فیزیولوژی ورزشی

عنوان:

تأثیر خستگی و برنامه تمرینی بر فعالیت الکتریکی عضلات  
پهن داخلی مایل به پهن خارجی در زنجیره حرکتی بسته زنان

اساتید راهنما:

دکتر اسماعیل ابراهیمی

دکتر رضا قراخانلو

۱۳۸۲ / ۸ / ۲۰

استاد مشاور:

دکتر حمید رجبی

بزرگواران استادی  
سید رضا عطارزاده

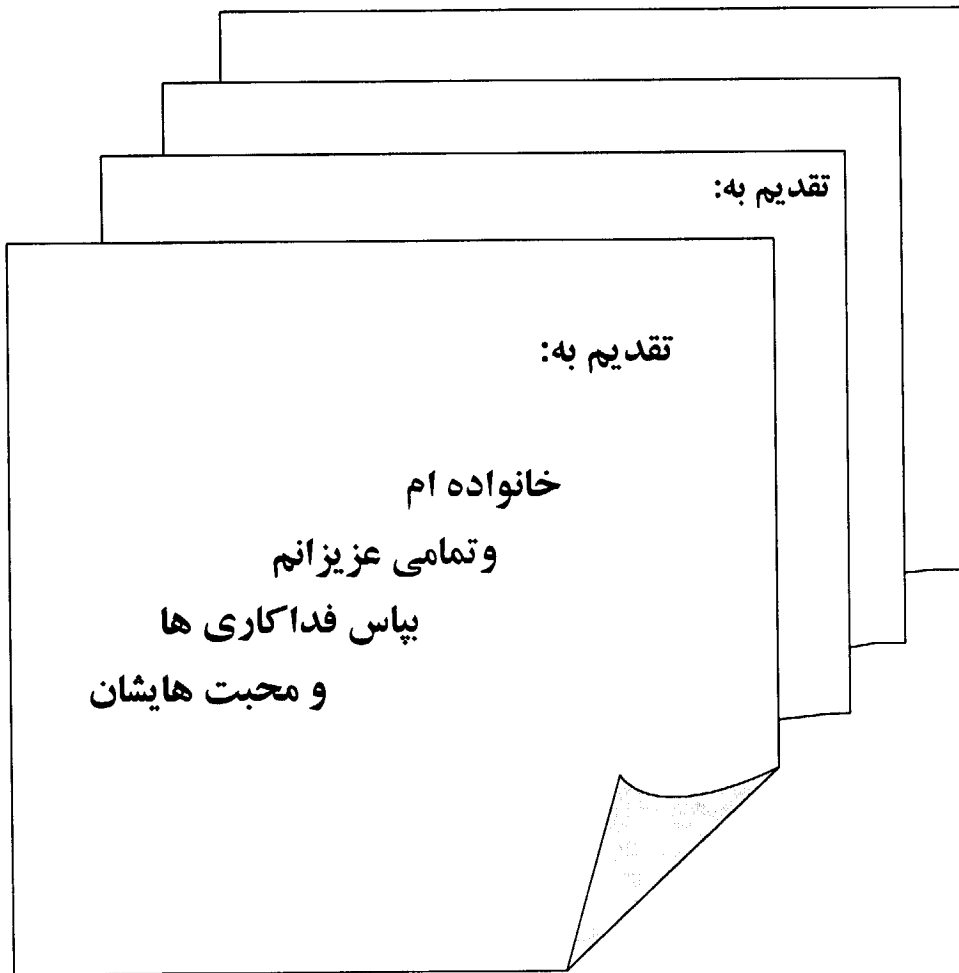
به اهتمام:

سید رضا عطارزاده حسینی

۴۹۳۵۸

شماره رساله دکتری:

سال تحصیلی: ۸۳-۱۳۸۲



## سپاس

من له بفكر المظنون له بفكر الخالق

حمد و سپاس بیکران خداوند متعال را که توفیق این نوشتار را عطا فرمود.

### با تشکر و قدردانی از:

- معلمانم، مربیانم و اساتید ارجمند و بزرگوaram که در تمامی دوران زندگی و تحصیلم همیشه یار و مددکارم بوده اند.
- اساتید بزرگوaram و کارکنان شریف و صبور دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران.
- اساتید بزرگوaram جناب آقایان؛ دکتر اسماعیل ابراهیم، دکتر رضا قراخانلو و دکتر حمید رجبی که با راهنمایی و حمایتشان مرا در تهیه این نوشتار یاری کردند.
- برادر بزرگوaram جناب آقای طالبیان شریف عضو محترم هیات علمی دانشکده علوم تربیتی دانشگاه فردوسی که استفاده از دستگاه بیوفیدبک را برایم فراهم ساخت.
- برادر بزرگوaram جناب آقای مهندس معمارباشی که با طراحی و ساخت برنامه نرم افزاری امکان استفاده بهتر از دستگاه بیوفیدبک را برایم فراهم ساخت.
- تمامی همکارانم در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه فردوسی که همواره یار و یاورم بوده اند.
- تمامی دانشجویان گرامی که صمیمانه در این پژوهش شرکت کردند.
- خانواده ام و عزیزانم که با زحمات و فداکارهای خود همیشه حامی ام بوده اند.

## چکیده تحقیق:

هدف از این تحقیق مطالعه تاثیر خستگی و برنامه تمرینی بر فعالیت الکتریکی عضلات پهن داخلی مایل (VMO) و پهن خارجی (VL) در زنجیره حرکتی بسته زانو بود. برای این منظور تعداد ۲۳ نفر دانشجوی مرد سالم غیر ورزشکار (سن  $21 \pm 1/08$  و وزن  $66 \pm 10$  و قد  $174 \pm 8$ ) انتخاب شدند. نخست با نصب الکترودهای دو قطبی بر روی موتور پوینت عضلات VMO و VL فعالیت الکتریکی (EMG) این عضلات از حالت ایستادن طبیعی در زوایای  $0-15-30-45-60-75-90$  درجه زانو توسط دستگاه بیوفیدبک ثبت گردید. سپس با استقرار وزنه روی شانه آزمودنی مجدداً EMG این عضلات تحت بار اضافی در چهار زاویه  $0-15-45-75$  درجه زانو ثبت و نیز حداکثر انقباض ارادی (MVC) عضلات باز کننده زانو در زنجیره حرکتی باز و بسته اندازه گیری شد. پس از انجام ۵ دقیقه فعالیت پله با آهنگ ۳۰ بار در دقیقه، مجدداً تمامی تست های EMG و MVC انجام شد.

تمامی این مراحل پس از انجام ۸، ۱۶ و ۲۴ جلسه تمرین تکرار شد. آزمودنی ها چهار هفته و در مجموع ۲۴ جلسه در برنامه وزنه تمرینی فزاینده نیم اسکات (۳ ست با ۱۰ تکرار و بار اضافی ۳۰ تا ۱۰۰ درصد وزن بدن) شرکت کردند. به طور خلاصه نتایج نشان داد که:

خستگی بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات VMO:VL در زوایای زنجیره حرکتی بسته زانو بدون و تحت بار اضافی در مراحل پیش، پس از ۸، ۱۶ و ۲۴ جلسه تمرین اثر ندارد ( $P > 0/05$ ). خستگی بر اندازه MVC عضلات باز کننده زانو در مرحله پیش از تمرین اثر نداشته ( $P > 0/05$ ) ولی اثر آن پس از ۸، ۱۶ و ۲۴ جلسه تمرین معنی دار بوده است ( $P < 0/05$ ).

تمرین بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات VMO:VL در زوایای زنجیره حرکتی بسته زانو بدون و تحت بار اضافی اثر داشته است ( $P < 0/05$ ). هم چنین، اثر تمرین بر اندازه حداکثر انقباض ارادی (MVC) عضلات باز کننده زانو در زنجیره حرکتی بسته و باز معنی دار بوده است ( $P < 0/05$ ).

واژه های کلیدی: خستگی، تمرین، نسبت فعالیت الکتریکی عضلات VMO:VL، زوایای زانو، زنجیره حرکتی بسته، حداکثر انقباض ارادی.

عزرا اظفانائیه آرکشمی بزین  
تمیسه مدرک

## فهرست مطالب

فهرست جداول

فهرست اشکال

فهرست نمودارها

### فصل اول : طرح تحقیق

۲	مقدمه
۴	بیان مسئله
۶	اهمیت و ضرورت تحقیق
۸	اهداف تحقیق
۹	پیش فرض های تحقیق
۹	محدودیت های تحقیق
۱۰	واژه ها واصطلاحات

### فصل دوم : ادبیات تحقیق

۱۶	مبانی نظری تحقیق
۱۶	مبانی نظری خستگی - خستگی مرکزی
۱۸	خستگی محیطی
۱۹	تعادل عضلانی
۲۰	الکترومیوگرافی
۲۱	شاخصهای الکترومیوگرافی
۲۴	بیومکانیک مفصل کشککی - رانی
۲۹	اختلال در مکانیسم اکستانسوری
۲۹	سندروم درد کشککی - رانی

۳۷	تمرینات زنجیره حرکتی بسته
۳۹	سوابق تجربی
۶۳	تحقیقات داخل کشور
۶۶	نتیجه گیری

### فصل سوم: روش تحقیق

۶۹	روش تحقیق
۶۹	جامعه و نمونه آماری
۶۹	متغیرهای تحقیق
۶۹	ابزارهای تحقیق
۷۲	روش و مراحل اجرای تحقیق
۸۱	برنامه خستگی
۸۲	برنامه تمرینی
۸۴	روش آماری

### فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق

۸۶	توصیف داده ها
۱۱۱	تاثیر خستگی بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات
۱۱۴	تاثیر خستگی بر اندازه حداکثر انقباض ارادی
۱۱۵	تاثیر تمرین بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات
۱۳۰	تاثیر تمرین بر اندازه حداکثر انقباض ارادی
۱۳۹	تاثیر خستگی بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات پس از تمرین
۱۴۸	تاثیر خستگی بر اندازه حداکثر انقباض ارادی پس از تمرین

## فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۱۵۶	نتایج تحقیق
۱۵۷	بحث و نتیجه گیری
۱۶۴	خلاصه تحقیق
۱۶۶	پیشنهادها

## منابع

۱۶۹	فهرست منابع فارسی
۱۷۰	فهرست منابع لاتین

## پیوست ها

۱۷۷	پیوست (۱)
۱۷۸	پیوست (۲)
۱۷۹	پیوست (۳)
۱۸۰	پیوست (۴)

چکیده تحقیق



# فصل اول

## طرح تحقیق

## مقدمه

سازگاری های عصبی - عضلانی یکی از دستاوردهای بسیار مهم تمرینات حرکتی و ورزشی است. به همین لحاظ، شناخت مکانیسم های عصبی - عضلانی و آگاهی از روند سازشی تغییرات ساختاری و عملکردی سیستم عصبی - عضلانی می تواند به مربیان و متخصصان طب ورزش در طراحی و اجرای مطلوب برنامه های تمرین و تمرین درمانی کمک شایانی کند.

خستگی عضلانی یکی از خواص عضلات است که در نتیجه آن عملکرد سیستم های متابولیکی و عصبی - عضلانی برای استمرار فعالیت کاهش یافته و نمی تواند برای مدت طولانی حفظ گردد (۲۱). در هر صورت پدیده خستگی حالت ناخوشایندی است که ممکن است در پی فعالیت کوتاه و یا بلند مدت (بیشینه یا زیر بیشینه) روی دهد. به همین لحاظ، کنترل و به تعویق انداختن خستگی یک ضرورت اجتناب ناپذیر است که باید مورد توجه قرار گیرد (۹). در این راستا بررسی تأثیر خستگی بر عملکرد عضله از طریق به کارگیری تکنیک های الکترومیوگرافی برای عینیت بخشیدن به تغییراتی که در روند سازگاری عصب و عضله روی می دهد، می تواند راه گشا باشد.

با توجه به نقش با اهمیت مفصل زانو در فعالیت های حرکتی و ورزشی، سعی گردیده موضوع را از دیدگاه علم تمرین و طب ورزشی بررسی کرده تا به تحقیق، جهت کاربردی تری بخشیده شود. بدین منظور، تأثیر خستگی و برنامه تمرینی بر دو عضله پهن داخلی مایل و پهن خارجی مورد بررسی قرار گرفت. عضله پهن داخلی مایل ضعیف ترین و حساس ترین بخش عضله چهارسرانی است که در نتیجه تورم کارایی آن بسرعت کاهش می یابد (۱۶). این عضله متعاقب درد و بی حرکتی بسیار زود آتروفی شده و نیز نسبت به برنامه توانبخشی بسیار کند پاسخ می دهد (۸۲). در حالی که عضله پهن خارجی دارای سطح مقطع بزرگتر و درصد بیشتری از تارهای با ویژگی آستانه بالای تحریکی است (۸۲). این عضله در مقایسه با عضله پهن داخلی مایل خیلی کندتر دچار ضعف و تحلیل می گردد

و در صورت ضعف عضله پهن داخلی مایل، با کشیدن کشکک به خارج موجبات اختلال در مکانیسم اکستنسوری زانو را فراهم می نماید. به همین لحاظ، عضله پهن داخلی مایل به عنوان تنها ثبات دهنده فعال داخلی زانو نقش بسیار موثری در قرارگیری صحیح استخوان کشکک در راستای خط کشش عضله چهارسررانی به عهده دارد (۸۲ - ۱۶). قرارگیری مناسب استخوان کشکک شرایط ممتازی را برای عضله چهارسررانی فراهم می کند که بتواند از این موقعیت بیشترین بهره مکانیکی را کسب کند و نمایی توانمند از عملکرد خود در فعالیت های اکستنشن مفصل زانو ارائه دهد (۸۲).

از طرف دیگر، بی تعادلی عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی سبب می شود که کشکک در راستای طبیعی خط کشش عضله چهارسررانی قرار نگرفته و مکانیسم اکستنسوری عضله چهارسررانی دچار اختلال شده و در نهایت درد کشکی - رانی ایجاد شود (۸۲ - ۶۹ - ۱۶).

بنابراین، با توجه به اهمیت عملکرد متعادل این دو عضله و تفاوت های ساختاری و آناتومیکی آنها و این نکته که واحدهای حرکتی تند تنش خیلی زودتر از واحدهای حرکتی کند تنش خسته می شوند (۹). مطالعه پاسخ های سازشی این دو عضله به خستگی و برنامه تمرینی می تواند از دیدگاه علم تمرین و طب ورزشی حائز اهمیت باشد.

### بیان مسئله

اصولاً در یک مفصل، ثبات و تحرک دو عملکرد ناسازگار است که ممکن است یکی فدای دیگری شود (۶۲-۳۴). با وجود این، در مفصل زانو هر دوی این عملکردها به سبب وجود دو برنامه عمومی فعالیت ارادی گروه عضلات چهارسرانی و همسترینگ یعنی فعالیت هماهنگ و متقابل آگونیست و آنتاگونیست و انقباض هم زمان آنها تامین می شود (۲۰). در این راستا، در طی حرکت اکستنشن و فلکشن زانو فعالیت متعادل و همزمان تمام بخش های عضله چهارسرانی، به ویژه تعادل عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی از اهمیت خاصی برخوردار است (۸۲).

از نظر عملکرد، عضله پهن داخلی مایل به عنوان تنها ثبات دهنده فعال داخلی زانو در نظر گرفته شده است (۸۲-۱۶). این عضله، حساس ترین بخش عضله چهارسرانی مستعد به تورم مفصلی است (۱۶). به عبارت دیگر، عضله پهن داخلی مایل در مقایسه با عضلات پهن خارجی و راست رانی با تورم مفصلی کمتری مهار و کارایی آن کاهش می یابد. مهار ناشی از تورم، آتروفی عضله پهن داخلی مایل و شیوع علائم درد کشکی - رانی و در پی آن صدمات دیگر به زانو یا پاتولوژی توام با تورم مفصلی را توجیه می کند (۸۲-۶۹-۱۶).

در افراد مبتلا به درد کشکی - رانی تغییری در اندازه فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی مایل در مقایسه با عضله پهن خارجی گزارش شده است. ثبت فعالیت الکتریکی در افراد سالم و طبیعی نسبت ۱:۱ را در عضلات پهن داخلی مایل به پهن خارجی و نیز فعالیت تونیک را در عضله پهن داخلی مایل نشان داده است (۸۲-۱۸-۱۶-۱۴). ثبت فعالیت الکتریکی در افراد مبتلا به درد کشکی - رانی نشان می دهد که این نسبت به کمتر از ۱:۱ می رسد (۸۲-۱۶) و فعالیت عضله پهن داخلی مایل مرحله ای (فازیک) می گردد که نشان دهنده کاهش فعالیت عضله پهن داخلی مایل نسبت به افزایش فعالیت عضله پهن خارجی است (۸۲-۱۸-۱۶-۱۴). هم چنین، نسبت فعالیت عضلات پهن داخلی مایل به پهن خارجی در زوایای مختلف فلکشن زانو، در افراد سالم و مبتلا تغییر می کند (۸۲-۱۸-۱۶-۱۴). در افراد سالم عضله پهن داخلی مایل فعالیت بیشتری نسبت به عضله پهن خارجی در زوایای ۲۰ درجه فلکشن زانو نسبت به ۹۰ درجه نشان می دهد (۸۲-۱۶-۸). اما در افراد مبتلا به درد کشکی - رانی نسبت فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی در ۹۰ درجه بیشتر و در ۲۰ درجه کمتر می شود (۸). در طی فعالیت راه رفتن نسبت به زمانی

که بدن در وضعیت مستقیم قرار دارد و گشتاور فلکسوری در زانو کاهش یافته نیاز کمتری به عملکرد عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی است (۸۲-۱۸-۱۶-۱۴).

زمان پاسخ رفلکسی عضله پهن داخلی مایل در افراد مبتلا به سندروم درد کشککی - رانی تغییر می یابد. در افراد سالم زمان پاسخ رفلکسی عضله پهن داخلی مایل سریع تر از عضله پهن خارجی است، اما در افراد مبتلا به سندروم درد کشککی - رانی زمان پاسخ دادن برعکس می شود به طوری که عضله پهن خارجی سریع تر از عضله پهن داخلی مایل فعال می گردد (۸۱-۷۶-۱۴). جابجایی خارجی کشکک به اندازه ۵ میلی متر که ممکن است به علت سفتی رتیناکولوم خارجی یا نوارخاصره ای - درشت نی باشد، منجر به کاهش ۵۰ درصد حداکثر تانسیون در عضله پهن داخلی مایل می شود (۸۲). بنابراین، وضعیت صحیح قرارگیری کشکک و تعادل طبیعی بین عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی ضروری است و باید بر روی آن تاکید شود (۸۲-۱۵).

مکانیسم این تغییرات عصبی - عضلانی هنوز به طور کامل روشن نشده است. اغلب پژوهشگران معتقدند که عدم تعادل عصبی - عضلانی بین عملکرد عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی ممکن است ناشی از اختلال مکانیکی باشد که منجر به کاهش فعالیت عصبی - عضلانی عضله پهن داخلی مایل می گردد (۸۱-۲۶-۲۵-۱۸). تحقیقات نشان می دهد که از هر چهار نفر یک نفر به سندروم درد کشککی - رانی مبتلا می شوند و در ورزشکاران شیوع آن بیشتر است (۲۷-۲۴-۱۶). فشارهای وارد به زانو ناشی از پیاده روی، دویدن آرام بر روی زمین ناهموار، دویدن در سراشیبی، پرش، نشست و برخاست (اسکات)، بالا و پائین آمدن از پله، دوچرخه سواری، اسکی و وزنه برداری از جمله فعالیت هایی هستند که احتمال بروز سندروم درد کشککی - رانی را تقویت می نمایند (۹۵-۲۷).

خلاصه این که، اختلال در مکانیسم اکستنسوری عضله چهارسررانی و عدم تعادل عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی سبب می شود که کشکک در راستای غیر طبیعی خط کشش عضله چهارسررانی قرار گرفته و در نهایت درد کشککی - رانی ایجاد شود (۸۴-۸۲-۱۸-۱۵). از جهت دیگر، خستگی رخداد واقعی فعالیت های حرکتی و ورزشی است. به طوری که تا کنون تلاش های زیادی برای کنترل و به تعویق انداختن آن صورت گرفته است. کاهش حداکثر قدرت ارادی و ظرفیت عملکردی عضلات، اختلال در فعال سازی همزمان عضلات آگونیست و آنتاگونیست و بالاخره کاهش عملکرد و کارایی سیستم عصبی - عضلانی پیامد خستگی است. لذا از آن جهت که

آسیب به عناصر سیستم اسکلتی - عضلانی و نیز عناصر سیستم عصبی - عضلانی از عمده مواردی است که سبب تغییر در حرکت و الگوی فعالیت عضلات خواهد شد (۵۹-۴۹) مطالعه اثر خستگی و برنامه تمرینی بر نسبت فعالیت الکتریکی عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی در زوایای مفصل زانو در زنجیره حرکتی بسته طی انقباض ایزومتریک، علاوه بر بررسی تغییر الگوی فعالیت عضلات در زوایای مختلف و تعیین زوایای کارآمد و ناکارآمد قوس حرکتی، به بررسی تاثیر برنامه تمرینی بر نسبت فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی می پردازد.

هم چنین، با استفاده از یافته های این تحقیق و مطالعه پاسخ عضلات پهن داخلی مایل و پهن خارجی به خستگی می توان به این پرسش پاسخ داد که آیا خستگی با تغییر نسبت فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی مایل به پهن خارجی و بر هم زدن این فعالیت به نفع عضله پهن خارجی به ایجاد درد کشکی - رانی کمک می نماید یا خیر؟

### اهمیت و ضرورت تحقیق

از نقطه نظر دانشمندان و متخصصان علوم ورزشی، خستگی به عنوان عامل اصلی محدود کننده عملکرد انسان محسوب می شود (۲۱) و ایجاد آن نه تنها موجب کاهش کارایی جسمی و ذهنی ورزشکار شده (۳۰) بلکه باعث بروز اختلالات جسمی و روحی و صدمات ورزشی می گردد (۵۹). به همین لحاظ، کنترل و به تاخیر انداختن خستگی، به ویژه خستگی عضلانی یکی از موضوعاتی است که سالیان متمادی در کانون توجه فیزیولوژیست ها و متخصصان طب ورزشی قرار گرفته است (۹). خستگی عضلانی ناشی از پرداختن به فعالیت های حرکتی و ورزشی عبارت است از کاهش موقتی ظرفیت عملکردی عضلات و معمولاً با ناتوانی در حفظ و توسعه نیرو یا توان در حد انتظار همراه است (۱۷-۳۰).

با مرور مطالعات انجام شده در باره خستگی عضلانی با نتایج و دیدگاه های بسیار متفاوتی روبرو می شویم به طوری که گروهی از پژوهشگران، خستگی عضلانی را عاملی مهارتی و پدیده ای محدود کننده در فعالیت های حرکتی و ورزشی می دانند (۵۹). براساس فرضیه نوین ارائه شده برای علت شناسی گرفتگی های عضله اسکلتی به هنگام تمرین<sup>۱</sup>، خستگی عضلانی عامل مرکزی است که از طریق اثر تحریکی بر عصب آوران دوک عضلانی (نوع Ia و II) و از طریق اثر بازدارندگی بر عصب

1- The exercise-associated muscle cramps (EAMC)

آوران اندام و تری گلژی (نوع Ib) باعث عدم کنترل فعالیت آنها شده و می تواند به هنگام تمرین سبب گرفتگی های عضله اسکلتی شود (۵۹). از نظر این گروه خستگی عضلانی حاصل عوامل متعددی است (۷). این عوامل می توانند به گونه ای با هم کنش متقابل داشته که در نهایت روی انقباض یا تحریک یا هر دو موثر باشند (۷). در مقابل، کسانی دیگر بر این باورند که خستگی عامل تسهیلی و کمک کننده است (۳۰). از دیدگاه این گروه، خستگی یک مرحله سازگاری عصبی - عضلانی است (۳۰) چرا که با ایجاد خستگی، عضله نسبت به فشار اعمال شده از خود پاسخ های سازشی بروز می دهد، پدیده فراجبرانی<sup>۱</sup> پاسخ سازشی سیستم عصبی - عضلانی به محرک هایی است که سبب تغییرات ساختاری و عملکردی در واحد حرکتی شده اند. کارایی عضلات به تقویت روندهای بیوشیمیایی، بیومکانیک و به هماهنگی عملی بین گروه های عضلات بستگی پیدا می کند (۹). روشن است که هر چه پاسخ های سازشی به فشار کار بیشتر و کامل تر باشد عضلات از کارایی و توان اجرایی بیشتری برخوردار خواهند بود. از طرف دیگر، کاهش نیروی عضله در نتیجه خستگی می تواند یک مرحله از سازگاری برای جلوگیری از آسیب عضلانی باشد (۳۰). صرف نظر از این که خستگی می تواند یک عامل مهاری یا یک عامل تسهیلی باشد، مطالعه آن و تأثیری که می تواند بر الگوی فعالیت همزمان و متعادل عضلات موافق و مخالف داشته باشد از جمله اهداف بسیار مهم این پژوهش به شمار می آید. در تحقیقات متعددی بیان شده که خستگی و استفاده بیش از حد از عضله<sup>۲</sup> سبب ایجاد اختلال و کاهش کارایی عصبی - عضلانی شده و الگوی فعالیت آن را تغییر می دهد (۴۹).

گروه عضلات چهارسرران شامل عضلات پهن داخلی، پهن میانی، پهن خارجی و راست قدامی به عنوان باز کننده های اصلی مفصل زانو از جمله عضلاتی هستند که در بیشتر فعالیت های حرکتی روزمره به ویژه مهارت های ورزشی با تحمل و جابجایی وزن در معرض فشار مستمر، استفاده بیش از حد و خستگی قرار دارند (۱۹).

در این تحقیق با توجه به اهمیت مفصل زانو و نقش بسیار حیاتی آن در بسیاری از فعالیت های حرکتی و ورزشی، سعی بر آن است که با مطالعه اثر خستگی و برنامه تمرین مقاومتی بر فعالیت عضلات عمل کننده مفصل زانو، الگوی فعالیت همزمان عضلات، تعادل و عدم تعادل عضلانی و آستانه خستگی پذیری عضلات را مشخص نماید.

1- Over Compensation

2- Over use