

# The Effect of Twelve Week Neurofeedback Training on Perceptual Pain Intensity, Fear of Pain, Pelvic Drop, and Dynamic Knee Valgus Index in Men with Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Double-Blind Clinical Trial

Ahmadi MR<sup>1</sup>, Yalfani A<sup>2\*</sup>, Gandomi F<sup>3</sup>, Rashid Kh<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Collegian MSc, Department of sport injuries and corrective exercise, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of sport injuries and corrective exercise, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of sport injuries and corrective exercise, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran

<sup>4</sup>Associate Professor, Department of Psychology, Faculty of Psychology, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

## Abstract

**Introduction:** Patellofemoral Pain Syndrome is accompanied by Pelvic Drop and Valgus Dynamic Knee. Pain And fear of pain have been reported as some mechanisms of its occurrence. The present study is to investigate the effect of twelve-week neurofeedback training on perceptual pain intensity, fear of pain, pelvic drop, and dynamic knee valgus index in men with Patellofemoral Pain Syndrome.

**Methods:** 32 patients with PFPS participated in this study. They were randomly divided into experimental (n = 16) and control (n = 16) groups. The instruments used in this study consist of the VAS scale for pain, McNeil questionnaire for fear of pain, camera and Kinova Software for pelvis drop and dynamic valgus index when going down the stairs. The experimental group performed neurofeedback training for twelve weeks, 3 times per week, and 30 Min per Session; however, the control group did not receive any treatment during this time. The covariance statistical method was used through SPSS software, version 21, for data analysis.

**Results:** The results showed that the experimental group after twelve weeks of neurofeedback training had significant improvement in pain reduction(0/001), fear of pain (P = 0.004) and Valgus Knee Dynamics Index (P = 0.005); however, there was no significant improvement in drop pelvis (P = 0.45).

**Conclusion:** It seems that the pelvic drop and Knee Dynamic Valgus Index are influenced by perceptual pain intensity and fear of pain. Dynamic Knee Valgus Index has been significantly influenced by perceptual pain intensity and fear of pain since it decreased after twelve weeks of neurofeedback training.

**Keywords:** Patellofemoral Pain Syndrome, Pelvic Drop, Dynamic Knee Valgus, Fear of Pain

Sadra Med Sci J 2020; 8(2): 151-164.

Received: Jan. 31st, 2020

Accepted: Apr. 19th, 2020

\* Corresponding Author: **Yalfani A.** Associate Professor, Department of sport injuries and corrective exercise, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran , ali\_yalfani@yahoo.com

مجله علوم پزشکی صدرا

دوره ۸، شماره ۲، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۱۵۱ تا ۱۶۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۳۱ تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۱

مقاله پژوهشی

(Original Article)

## اثر بخشی دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بر شدت درد ادراکی، ترس از درد، افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو در مردان با سندروم درد کشکی رانی: یک کارآزمایی بالینی دو سو کور تصادفی شده

محمد رضا احمدی<sup>۱\*</sup>، علی یلفانی<sup>۲\*</sup>، فرزانه گندمی<sup>۲</sup>، خسرو رشید<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
<sup>۳</sup> استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
<sup>۴</sup> دانشیار گروه روانشناسی، دانشکده روانشناسی، دانشگاه بوعلی سینا، ایران، همدان، ایران

### چکیده

**مقدمه:** در بیماران با سندروم درد کشکی رانی افتادگی لگن و والگوس داینامیک زانو وجود دارد که از جمله مکانیسم‌های وقوع آن درد و ترس از درد گزارش شده است. بنابراین هدف مطالعه حاضر اثربخشی دوازده هفته تمرینات بازخورد عصبی بر شدت درد ادراکی، ترس از درد، افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو در مردان مبتلا به سندروم درد کشکی رانی است.  
**مواد و روش‌ها:** این مطالعه شامل ۳۲ نفر بیمار مبتلا به سندروم درد کشکی رانی است که بصورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۶ نفر) و کنترل (۱۶ نفر) تقسیم شدند. برای ارزیابی درد از مقیاس آنالوگ بصری، ترس از درد از پرسشنامه ترس از درد مک نیل، افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک طی پایین آمدن از پله از دوربین و نرم افزار کینوا استفاده شد. گروه تجربی طی یک دوره دوازده هفته‌ای، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه تمرین بازخورد عصبی را انجام دادند و گروه کنترل طی این وهله زمانی تحت هیچ گونه مداخله درمانی قرار نگرفتند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS ورژن ۲۱ و روش آماری کوواریانس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که گروه تجربی نسبت به گروه کنترل پس از دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بهبودی معناداری در کاهش درد ( $P=0/001$ )، کاهش ترس از درد ( $P=0/004$ ) والگوس داینامیک زانو ( $P=0/005$ ) کسب کرده است و در زاویه افتادگی لگن بهبودی معناداری حاصل نشده است ( $P=0/45$ ).

**بحث و نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو تحت تاثیر عوامل روانشناختی درد و شدت درد ادراکی باشند و شاخص والگوس داینامیک زانو نسبت به افتادگی لگن بطور معناداری تحت تاثیر شدت درد ادراکی و ترس از درد باشد که پس از دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بطور معنادرای زاویه آن کاهش یافته است.  
**واژگان کلیدی:** سندروم درد کشکی رانی، افتادگی لگن، والگوس داینامیک زانو، ترس از درد

\* نویسنده مسئول: علی یلفانی، دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران،  
 ali\_yalfani@yahoo.com

## مقدمه

زانو درد دومین بیماری شایع مرتبط با دردهای اسکلتی عضلانی بوده و سندروم درد کشککی رانی، یکی از رایج ترین دلایل درد زانو معرفی شده است که حدود ۲۵ الی ۴۰ درصد از تمامی آسیب های زانو را به خود اختصاص داده و از جمله دلایل مراجعه افراد به کلینیک های ارتوپدی و طب ورزشی می باشد (۱،۲). از بارزترین نشانه های این سندروم، درد در قسمت قدامی یا خلفی کشکک می باشد (۳) که در فعالیت هایی مانند: بالا و پایین رفتن از پله، نشستن های طولانی مدت، دویدن، پریدن و فعالیت هایی که مستلزم فلکشن زانو و افزایش فعالیت عضلات چهارسر رانی است، شدت درد افزایش می یابد (۳،۴). شیوع سالانه سندروم درد کشککی رانی در افراد عادی ۲۲/۷ درصد می باشد (۳)، بطوری که از هر ۱۰۰۰ نفر ۲۲ نفر به این سندروم مبتلا می شوند (۵). بطور کلی میزان شیوع این سندروم در زنان ۲/۲۳ برابر نسبت به مردان بیشتر است و در سنین ۱۸ الی ۳۵ سال ۱۳ درصد شیوع بالاتری دارد (۶). علیرغم هزینه های بالا و افزایش و رشد تکنولوژی و درمان های پزشکی برای مدیریت سندروم درد کشککی رانی مکانیسم اصلی وقوع و پروتکل درمانی جامع برای این گروه از بیماران همچنان نامشخص باقی مانده است، بصورتی که ۵۶/۷ درصد بیماران ۵ الی ۸ سال پس از درمان محدودیت عملکردی و درد را گزارش می کنند (۷). طبق آخرین بیانیه اجماع بین المللی سندروم درد کشککی رانی کارشناسان عوامل بیومکانیکی ممکن جهت وقوع این سندروم را به سه دسته مکانیکی: پروگزیمال، لوکال و دیستال تقسیم کردند که با اختلال در الگوی حرکتی مفاصل اندام تحتانی ارتباط دارد (۸). یکی از رایج ترین اختلالات در الگوهای حرکتی اندام تحتانی والگوس داینامیک زانو به همراه افتادگی لگن می باشد که بر اساس مطالعات پیشین ۶۶ درصد از افراد مبتلا به این سندروم طی حرکات پویا والگوس داینامیک بیشتری را نسبت به افراد سالم نشان می دهند (۹)، همچنین مطالعات صورت پذیرفته توسط آنا (Anna) و

همکاران (۹)، کریگ (Craig) و همکاران (۱۰)، الاین (Aline) و همکاران (۱۱) شواهد و نتایجی دال بر اثبات وجود افتادگی لگن و والگوس داینامیک در این گروه از بیماران را گزارش نموده اند. والگوس داینامیک مفصل زانو، به عنوان ترکیبی از حرکات و چرخش در اندام تحتانی شامل آداکشن و چرخش داخلی ران، آداکشن زانو، چرخش داخلی و جابجایی قدامی درشتنی و اورژن مچ پا تعریف شده است (۱۲) که با میزان گشتاور آداکتوری وارد بر این مفصل ارتباط مستقیمی دارد و به افزایش نیروی عکس العمل و فشار مفصل کشککی رانی که از عوامل اصلی وقوع این سندروم می باشند، منجر می شود (۱۳) بطوری که یک افزایش ۱۰ درصدی در زاویه والگوس مفصل زانو ۴۵ درصد فشار مفصل کشککی رانی را افزایش می دهد (۷). علیرغم مطالب مذکور درک مکانیزم اصلی وقوع افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو در بیماران مبتلا به سندروم درد کشککی رانی هنوز نامشخص باقی مانده است، این در حالی است که یکی از رایج ترین مکانیسم های وقوع افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو شدت درد ادراکی و ترس از درد گزارش شده است (۹،۱۰،۱۳،۱۴)، با این حال ارتباط بین عوامل ذکر شده با متغیرهای افتادگی لگن و والگوس داینامیک زانو هنوز مبهم بنظر می رسد (۱۵). مدل بیوفیزیکی درد بر این نکته دلالت دارد که درک کامل و درمان درد مستلزم در نظر گرفتن عوامل آناتومیک، روانی و اجتماعی است (۱۶). امروزه پژوهشات صورت پذیرفته در حوزه درمان بیماران مبتلا به سندروم درد کشککی رانی عوامل روانشناختی درد را در کنار عوامل فیزیکی مورد توجه قرار داده اند (۱۷)، اما با این وجود شواهد علمی محدودی در این حیطه وجود دارد که نشان می دهد بیماران مبتلا به این سندروم نسبت به افراد سالم دارای سطوح بالاتری از، ترس از درد هستند که احتمالاً به همین دلیل الگوی های حرکتی خود را تغییر داده (۱۷) و از سوی دیگر سبب تغییرات نوروفیزیولوژیکی مغز در نواحی مختلف سیستم عصبی مرکزی می شود (۱۷،۱۸). با

خرداد ماه سال ۱۳۹۸ از بیمارانی که به کلینیک‌های ارتوپدی مراجعه کرده بودند انجام شد. گروه‌های تخصصی داده شده برای این مطالعه به دو دسته تقسیم شدند که شامل: گروه تمرین درمانی (۱۶ نفر) و گروه کنترل (۱۶ نفر) بودند. تمامی آزمایشات طی دو مرحله قبل و بعد از مداخله در آزمایشگاه توانبخشی توسط متخصصین آزمایشگاه انجام شد. قبل از ورود بیماران به آزمایشگاه محقق در مورد روند اجرای ارزیابی پژوهش حاضر نکاتی را در اختیار بیمار قرار داد. پس از آنکه تمامی بیماران از روند مطالعه مطلع گشتند با امضا فرم رضایت نامه آگاهانه وارد مطالعه حاضر شدند؛ که موارد رضایت نامه شامل آگاهی از اهداف پژوهش حاضر، داوطلبانه بودن و عدم اجبار در مشارکت، منافع، عوارض احتمالی، محرمانه بودن تمامی اطلاعات بیماران، عدم پرداخت وجه جهت خدمات توانبخشی، اگر مشکلی اعم از جسمی و روحی به علت شرکت در این پژوهش برای بیمار پیش آید درمان عوارض، و هزینه‌های آن و غرامت مربوطه بر عهده مجری خواهد بود. این پروژه توسط کمیته ملی اخلاق در پژوهشات زیست پزشکی IR.BASU.1398.001 و مرکز کار آزمایشی بالینی IRCT20191209045669N1 تأیید و ثبت شده و مطابق با اعلامیه هلسینکی ۲۰۰۸ انجام شده است.

## ۲- جامعه آماری

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل بیماران مبتلا به سندروم درد کشککی‌رانی در دامنه سنی ۱۸ الی ۳۵ سال می‌باشد. غربالگری بیماران توسط متخصص ارتوپد انجام شد و به منظور غربالگری از تست پایین آمدن پله ( ICC: 0.94) استفاده گردید (۲۱). جهت برآورد حجم نمونه از نرم افزار جی پاور ۱.۳ (Universität Kiel, Germany) ورژن ۲۱ استفاده شد که مقادیر اعمال شده در نرم افزار مطابق با مطالعه پیشین می‌باشد (توان = 0.80، اندازه اثر = 0.05، 0.25،  $\alpha = 0.05$ ) (۲۲). حجم نمونه شامل بیمارانی بود که به کلینیک‌های ارتوپدی مراجعه

وجود اهمیت عوامل روانشناختی درد اندک مطالعاتی به بررسی ارتباط بین این عوامل و مکانیسم‌های عصبی و فیزیولوژیکی دخیل در پردازش و درمان درد پرداخته- اند (۱۷). نوروفیدبک یکی از روش‌های بررسی و درمان عوامل روانشناختی مرتبط با درد و آگاهی از فعالیت قسمت‌های مختلف مغز می‌باشد بدین صورت که الکترودهایی بر روی مناطق مشخصی از پوست سر بیمار قرار می‌گیرند و سطح فعالیت امواج مغزی فرد را در قالب امواج مغزی آلفا، بتا، تتا، گاما به او نشان می‌دهند (۱۹، ۳۲). انسان اغلب به دلیل ناآگاهی از الگوهای امواج مغزی خویش قادر به شناخت و تغییر آن‌ها نیست اما با مشاهده نمایش این امواج پس از مدتی بیمار توانایی تغییر و تاثیر بر آن‌ها را کسب کرده که به عنوان خود تنظیمی شناخته شده است، در نهایت فرد قادر خواهد بود پاسخ‌های فیزیولوژیک نادرست را در فعالیت‌های روزانه درک کرده و پاسخ‌های صحیح‌تری را جایگزین آن‌ها می‌کند (۲۰). علیرغم مطالعات صورت پذیرفته در مورد اثربخشی تمرین بازخورد عصبی در مهار سندروم‌های درد اسکلتی عضلانی، و عوامل روانشناختی مرتبط با درد، با این وجود اثربخشی این نوع از تمرین در مدیریت درد و عوامل روانشناختی مرتبط با درد در بیماران مبتلا به سندروم درد کشککی‌رانی پژوهشی صورت پذیرفته است. بنابراین محققین در مطالعه حاضر بر آن شدند تا به بررسی و اثبات فرضیه‌های ذیل بپردازند.

الف) دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی به کاهش شدت درد ادراکی و ترس از درد منجر می‌شود.  
ب) دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی به کاهش زاویه افتادگی لگن و والگوس داینامیک زانو منجر می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### ۱- طرح تحقیق

مطالعه حاضر بصورت یک گروه تجربی با یک گروه کنترل شامل مردان مبتلا به سندروم درد کشککی‌رانی است. نمونه‌گیری ما از ۱۰ فروردین ماه سال جاری تا ۱۷

ساخته شده است که از ۲۴ گویه تشکیل شده است که به منظور ارزیابی ترس از درد بکار می رود، بدین صورت که نمره بین ۲۴ تا ۴۸ میزان ترس از درد کم، نمره بین ۴۸ تا ۷۲ میزان ترس از درد متوسط و نمره بالاتر از ۷۲ میزان ترس از درد زیاد می باشد (۲۵،۲۶).

مرحله دوم: مربوط به اطلاعات دموگرافیک بود (سن، قد، وزن، شاخص BMI). اندازه گیری شاخص های دموگرافیک قد، وزن و شاخص BMI بیماران با استفاده از ترازو دیجیتال انجام شد و مقادیر آن ثبت گردید.

مرحله سوم: مربوط به اندازه گیری طول واقعی اندام تحتانی می باشد. در این مرحله بیمار بصورت خوابیده به پشت بر روی میز معاینه قرار می گرفت و فاصله بین خارخاصره قدامی فوقانی و قوزک داخلی پا به عنوان طول واقعی اندام تحتانی ثبت گردید. لازم به ذکر است که این ارزیابی برای هر دو سمت اجرا شد (۲۷).

مرحله چهارم: مربوط به اندازه گیری افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو بود که بصورت دو بعدی هنگام پایین آمدن از هفت پله با ارتفاع ۱۸ سانتی متر و پهنای ۲۸ سانتی متر انجام شد (۲۸). دلیل اینکه محققین در این پژوهش حرکت پایین آمدن از پله را انتخاب کردند این است که، پایین آمدن از پله یکی از رایج ترین فعالیت های روزمره افراد می باشد و بیماران مبتلا به این سندروم ناتوانی و ترس از درد را طی این حرکت گزارش می کنند - (۱۴). برای ارزیابی الگوی حرکتی از دوربین دیجیتال مدل Sony Handycam DCR-HC37 ساخت کشور ژاپن با نرخ نمونه برداری ۴۰ هرتز، زوم اپتیکل ۱۰ برابر استفاده شد که طی ارزیابی هر تلاش توسط متخصصین آزمایشگاه کالیبره می شدند. دوربین اول در فاصله ۳ متری از پله موازی با صفحه فرونتال و مطابق با ارتفاع زانو تنظیم شد و دوربین دوم در همان ارتفاع و فاصله از پله و موازی با صفحه ساجیتال تنظیم گردید (۱۰). سپس چهار مارکر در سگمنتال های خارخاصره قدامی فوقانی هر دو سمت، مرکز کشکک و مرکز مفصل مچ پا که حرکت فرود را انجام خواهد داد

کرده بودند و با معاینه متخصص ارتوپدی زانو شناسایی و به گروه تحقیق معرفی شدند. در نهایت ۳۲ نفر (تجربی: ۱۶ نفر، کنترل: ۱۶ نفر) بیمار مرد مبتلا به سندروم درد کشککی رانی مطابق معیارهای ورود و خروج مجاز به شرکت در این مطالعه شدند. معیارهای ورود شامل: وجود درد بیش از شش هفته در اطراف مفصل کشککی رانی، وجود درد در قسمت قدامی یا خلفی کشکک که حداقل با یکی از فعالیت های: نشستن طولانی مدت، زانو زدن، دویدن، اسکات، پریدن و تردد از پله ها شدت درد (۳) از ۱۰ مقیاس آنالوگ بصری درد) افزایش یابد (۲۳،۲۴)؛ معیارهای خروج شامل: آسیب و درد ران، ستون فقرات کمری، سایر ساختارهای مفصل زانو مانند تاندون کشککی، سابقه جراحی، اختلالات نورولوژیکی، ناپایداری مفصل کشککی رانی، افیوژن مفصل زانو، استفاده از فیزیوتراپی برای درمان زانو درد در سال گذشته، دفورمیتی اندام تحتانی، اختلاف در طول واقعی اندام تحتانی و یا در صورت استفاده هفتگی از داروهای ضد التهاب از مطالعه حاضر خارج شدند (۲۳،۲۴). پس از اتمام آزمایشات تمامی بیماران بر اساس سن، قد، وزن، شاخص BMI، طول واقعی اندام تحتانی، درد، قدرت، زاویه افتادگی لگن و والگوس داینامیک زانو همگن شدند و توسط نرم افزار Random Number Generator تصادفی سازی شده و سپس بر اساس پنهان سازی تخصیص به روش SNOSE به یکی از دو گروه تمرین درمانی و کنترل تقسیم شدند. بیماران طی این وهله زمانی از تخصیص خود در گروه های ذکر شده اطلاع نداشتند، اما پس از اتمام مطالعه بطور کامل از تخصیص خود در این گروه ها مطلع گشتند.

### ۳- ارزیابی

مرحله اول: مربوط به ارزیابی ترس از درد بود. برای ارزیابی ترس از درد از پرسشنامه ترس از درد مک نیل (ICC=88) (۲۵) استفاده شد. پرسشنامه ترس از درد توسط مک نیل (McNeil) و رین واتر (Rainwater)

متصل شد (۲۹). قبل از ارزیابی الگو حرکتی، بیماران جهت آشنایی با روش سه بار حرکت پایین آمدن از پله را انجام دادند و به آنان آموزش داده شد تا با سرعتی طبیعی همانند فعالیت‌های روزانه حرکت را اجرا کنند (۱۴). ارزیابی زوایه افتادگی لگن و والگوس داینامیک زانو بدین صورت بود که بیمار بدون استفاده از نرده حرکت پایین آمدن از پله را شروع می‌کرد در حالی که هر دو دست را بصورت ضربدری بر روی قفسه سینه قرار می‌دادند. زوایه افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو هنگامی که زانو در پله چهارم در اوج فلکشن خود قرار داشت (۱۴) توسط نرم افزار تحلیل حرکتی کینوا ( $ICC=0.97$ ) ورژن 0.8.15 محاسبه گردید (۳۰)، بدین صورت که عدد بدست آمده از مقدار والگوس زانو از ۱۸۰ کم می‌شد و در تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار می‌گرفت (۲۹). ارزیابی افتادگی لگن با تعیین زوایه بین خطی که خار خاصه قدامی فوقانی هر دو سمت را به هم متصل می‌کند و خطی که بر خار خاصه قدامی فوقانی پای فرود عمود می‌شد تعیین گردید. سپس عدد بدست آمده از ۹۰ کم شده و به عنوان زوایه افتادگی لگن ثبت شد (۲۹). لازم به ذکر است که الگوی حرکتی پایین آمدن از پله ۵ بار اجرا شد و میانگین ۵ تلاش به عنوان زوایه نهایی محاسبه گردید (۱۴). همچنین از بیماران خواسته شد تا در هنگام پایین آمدن از پله شدت درد خود گزارش کنند که برای اندازه‌گیری شدت درد از مقیاس آنالوگ بصری ۱۰ سانتی متری ( $ICC=0.91$ ) استفاده شد (۱۴، ۳۱) که پایایی این مقیاس برای بیماران با سندروم درد کشککی رانی ۰.۷۷ تا ۰.۷۹ گزارش شده است.

مرحله پنجم: که در روز بعد اجرا شد مربوط به ثبت سیگنال‌های مغزی بیس لاین (Baseline) می‌باشد. برای ثبت سیگنال‌های مغزی و تمرین بازخورد عصبی از دستگاه نوروفیدبک ۸ کاناله مدل پروکامپ اینفینیتی (ProComp Infiniti) با سخت افزار پروکامپ (ProComp 2) و نرم افزار بیوگراف اینفینیتی (Biograph Infiniti) ورژن ۵ ساخت شرکت

تکنولوژی توگت (Thought Technology) کشور کانادا با نرخ نمونه برداری امواج ۲۵۶ هرتز و مقاومت الکتروود ۵ اهم استفاده شد. قبل از اجرای Baseline و تمرین بازخورد عصبی متخصص نورولوژی نکاتی را در مورد نحوه کار دستگاه نوروفیدبک، بایدها و نبایدهای این روش طی جلسات درمانی برای تمامی بیماران ارائه نمود. بیس لاین (Baseline) برای تعیین سطح امواج مغزی در ناحیه CZ با چشم باز و بسته در هر دو گروه قبل و بعد از مداخله برای هر دو گروه انجام شد. قبل از اجرای بیس لاین (Baseline) و جلسات درمانی انگشتر، تلفن همراه، ساعت و هرگونه لوازمی که باعث ایجاد نویز و آرتیفکت می‌شود از بیماران اخذ شد. روش اجرای بیس لاین (Baseline) بدین صورت بود که فرد بر روی صندلی بصورتی که در حالت کاملاً راحت باشد می‌نشست، سپس منطقه CZ بر اساس سیستم بین المللی ۱۰-۲۰ مشخص و با ماژیک علامت گذاری شد، منطقه CZ و لاله‌های گوش با الکل طبی و ژل مخصوص لایه بردار نوپرپ (Nuprep) ساخت کشور آمریکا تمیز شدند. سپس الکتروود فعال به چسب ۲۰-۱۰ کونداکتیو (TEN 20 Conductive Gel) ساخت کشور آمریکا آغشته شد و در ناحیه CZ قرار داده شد، الکتروود مرجع به گوش چپ و الکتروود گراند به گوش راست متصل شد. برای به حداقل رساندن آرتیفکت، قبل از شروع ارزیابی به بیماران آموزش داده شد تا از حرکت دادن اندام، جابه‌جایی، صحبت کردن و پلک زدن مکرر اجتناب کنند. مدت زمان اجرای بیس لاین (Baseline) ۲ دقیقه و ۱۰ ثانیه می‌باشد که بصورت پیش فرض توسط نرم افزار بیوگراف اینفینیتی (Biograph Infiniti) تعیین شده است. پس از اتمام بیس لاین (Baseline) آرتیفکت گیری و حذف نویز سیگنال‌ها بصورت کاوش بصری و انتخاب دامنه نرم افزاری مناسب انجام شد، سپس نتایج تحلیل امواج خام به وسیله نرم افزار بیوگراف اینفینیتی (Biograph Infiniti) استخراج و ثبت گردید.

## ۴- پروتکل تمرین بازخورد عصبی

مداخله درمانی مطالعه حاضر به مدت دوازده هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه بمدت ۳۰ دقیقه انجام شد. پروتکل اجرایی بر اساس مطالعات پیشین انتخاب شد (۳۲) که شامل افزایش موج حسی حرکتی (۱۵-۱۲ هرتز) و کاهش بتا (۲۰-۱۵ هرتز) و تتا (۷-۴ هرتز) در ناحیه CZ می باشد که بطور همزمان بر سه قشر، حسی حرکتی، حرکتی و سیگنولیت اثر می گذارد (۳۳). نحوه قرارگیری الکترودها همانند مرحله Baseline می باشد. روش اجرای مداخله بدین صورت بود که بیماران رو به روی مانپور می نشستند و انیمیشنی برای آنان ارائه می شد، زمانی که روند امواج حسی حرکتی، بتا و تتا بر خلاف هدف مطالعه حاضر بود حرکت انیمیشن متوقف شده و زمانی که امواج مذکور در جهت مداخله حاضر تنظیم می شد انیمیشن حرکت می کرد. بیماران با حرکت انیمیشن و صدای خوشایند ناشی از امتیاز مثبت و هنگام توقف حرکت انیمیشن با صدای ناخوشایند ناشی از امتیاز منفی فیدبک بینایی و شنوایی لازم را برای تنظیم امواج مغزی خود دریافت می کردند. گروه کنترل طی دوازده هفته تحت هیچگونه مداخله درمانی قرار نگرفتند و از داروهای ضد درد استفاده نکردند.

## ۵- تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS وژن ۲۱ استفاده شد و سطح معناداری و سطح اطمینان برای تجزیه و تحلیل تمامی داده ها به ترتیب ۰/۵ و ۰/۹۵ در

نظر گرفته شد. جهت اطمینان از نرمال بودن داده های مربوط به متغیرها و اطلاعات دموگرافیک از آزمون شاپیروویلک و همگنی واریانس ها از آزمون لون و جهت بررسی اثر متقابل زمان (قبل و بعد از مداخله) بر گروه (تجربی و کنترل) و برای مقایسه اختلاف میانگین بین گروهی به ترتیب از روش آماری کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد.

## یافته ها

در مطالعه حاضر ۳۲ (۱۶ نفر گروه تجربی، ۱۶ نفر گروه کنترل) بیمار مبتلا به سندروم درد کشککی رانی با میانگین سنی (۲/۱۴ ± ۲۵/۱۳)، میانگین قد (۴/۰۶ ± ۱۷۴/۵۶)، میانگین وزن (۵/۶۱ ± ۷۵/۵۶)، میانگین شاخص BMI (۱/۵۵ ± ۲۴/۷۶) و طول اندام تحتانی (۲/۳۵ ± ۹۰/۳۱)، بطور داوطلبانه و با امضا رضایت نامه آگاهانه در این مطالعه شرکت کردند. جدول ۱ و جدول ۲ توزیع مشخصات دموگرافیک بیماران و متغیرهای مطالعه در دو گروه را نشان می دهد که از نظر آماری نرمال بودند (P= > ۰/۰۵). بدین ترتیب جهت بررسی فرضیه ها از آزمون های پارامتریک استفاده شد.

جدول ۲ نتایج آزمون شاپیروویلک برای توزیع داده های متغیرهای مطالعه، میانگین ها و نتیجه آزمون کوواریانس را (ANCOVA) نشان می دهد. نتایج تجزیه و تحلیل داده ها نشان می دهد که دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی در گروه تجربی با اثر متقابل زمان بر گروه بطور معناداری بر کاهش درد (P= ۰/۰۰۱)، کاهش ترس از

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک بیماران و نتیجه آزمون شاپیروویلک

متغیر	گروه تجربی	گروه کنترل	سطح معناداری
سن	۲۵/۲۶ ± ۲/۴۰	۲۵/۰۰ ± ۱/۹۳	۰/۲۱۵
قد	۱۷۴/۲۰ ± ۴/۱۴	۱۷۴/۹۳ ± ۴/۰۹	۰/۸۵۶
وزن	۷۶/۸۰ ± ۴/۵۳	۷۴/۳۳ ± ۶/۴۳	۰/۱۷۵
BMI	۲۵/۲۷ ± ۱/۶۱	۲۴/۲۶ ± ۱/۳۴	۰/۱۵۶
طول اندام تحتانی	۸۸/۰۶ ± ۳/۴۷	۹۰/۶۶ ± ۲/۲۵	۰/۴۵۶

درد ( $P=0/004$ ) و زاویه والگوس داینامیک زانو  
بهبودی معناداری حاصل نشده است ( $P=0/45$ ).  
( $P=0/005$ ) اثربخش بوده است و در افتادگی لگن

جدول ۲. نتایج آزمون شاپیروویلک برای توزیع نرمال بودن داده‌های متغیرهای مطالعه

متغیر	گروه تجربی			گروه کنترل			نتیجه آزمون کوواریانس		
	پیش آزمون میانگین ± انحراف معیار	P پیش آزمون	P پس آزمون	پیش آزمون میانگین ± انحراف معیار	P پیش آزمون	P پس آزمون	F	power	Eta
درد	۵/۶۶ ± ۱/۳۹	۰/۷۰	۰/۹۷	۷/۰۰ ± ۱/۸۵	۰/۶۲	۰/۴۴۵	۲۰/۵۹۸	۰/۹۹۰	۰/۴۳۳
ترس از درد	۹۳/۲۶ ± ۱۰/۴۸	۰/۹۳	۰/۱۸	۹۳/۱۳ ± ۹/۶۴	۰/۳۷۲	۰/۳۹۵	۹/۳۹۰	۰/۸۴۰	۰/۲۸۵
افتادگی لگن	۵/۸۰ ± ۱/۶۰	۰/۷۱	۰/۱۲۶	۵/۲۶ ± ۱/۳۸	۰/۲۲۱	۰/۴۲۰	۴/۴۲۲	۰/۵۲۷	۰/۱۴۱
والگوس داینامیک زانو	۱۲/۰۶ ± ۱/۵۹	۰/۲۹	۰/۱۷	۱۲/۰۶ ± ۱/۵۷	۰/۱۱۳	۰/۳۳۲	۱۰/۱۴۴	۰/۸۶۶	۰/۲۷۳

\* سطح معناداری:  $P \leq 0/05$

#### بحث

یا فعالیت‌های دردناک جلوگیری شود (۳۴) اما با این حال تطابق حفاظتی نسبت به درد در طول زمان در اثر یادگیری حرکتی به عنوان یک برنامه حرکتی جدید در قشر حرکتی مغز ثبت شده و جایگزین حرکات طبیعی می‌شود (۳۵). از سوی دیگر این پاسخ به درد به طور فزاینده‌ای به وقوع تجربه درد، ترس از درد، افزایش و تمرکز و توجه بر حرکات دردناک منجر می‌شود (۳۶). نتایج مطالعات اخیر مبین آن است که ترس از درد نه تنها سبب افزایش فعالیت در مناطق پردازش درد مانند تالاموس می‌شود بلکه نواحی قشر مغز که با، توجه، تجربه درد و جنبه‌های عاطفی درد مرتبط است، تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و باعث افزایش پاسخ‌های محافظتی به درد می‌شود (۳۶، ۳۴)، بر همین اساس مطالعه حاضر با اعمال مداخله در عرض تالاموس و قشر حسی حرکتی که اولین نقاط پردازش درد، ترس از درد، تجربه درد و رمزگذاری در تکالیف حرکتی هستند (۳۲) به کاهش درد، ترس از درد و بهبود الگوی حرکتی منجر گردید که با مطالعه کایران (Kayiran) و همکاران (۳۷)، زمانی (Zamani) و همکاران (۳۵) که از پروتکل درمانی مطالعه حاضر استفاده کردند همخوانی دارد. به نظر می‌رسد که پروتکل درمانی مداخله حاضر با تمرکز بر قشر حسی حرکتی

هدف از مطالعه حاضر اثربخشی دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بر شدت درد ادراکی، ترس از درد، راستای لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو می‌باشد. بر اساس استنباط از نتایج مطالعه حاضر دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی به کاهش درد، کاهش ترس از درد منجر گردید که از فرضیه اول ما حمایت می‌کند. فرضیه دوم مطالعه حاضر شامل دو متغیر افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو بود؛ بر اساس استنباط از نتایج بدست آمده زاویه والگوس داینامیک زانو پس از دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بطور معناداری کاهش یافت که دلیل آن می‌تواند بر اثر کاهش شدت درد ادراکی و ترس از درد باشد، اما در طرف مقابل علیرغم کاهش زاویه افتادگی لگن بهبودی معناداری حاصل نشده است؛ بنابراین نتایج مطالعه حاضر از دو متغیر فرضیه دوم فقط از یک متغیر شاخص والگوس داینامیک زانو حمایت می‌کند. نتایج این مطالعه حاکی از وجود رابطه معناداری بین درد و ترس از درد با مکانیسم‌های حفاظتی در کینماتیک الگوهای حرکتی می‌باشد. از نظر بالینی درد طیف وسیعی از حرکات جبرانی را در حین انجام فعالیت‌های عملکردی ایجاد می‌کند تا بواسطه این مکانیسم جبرانی از حرکات و

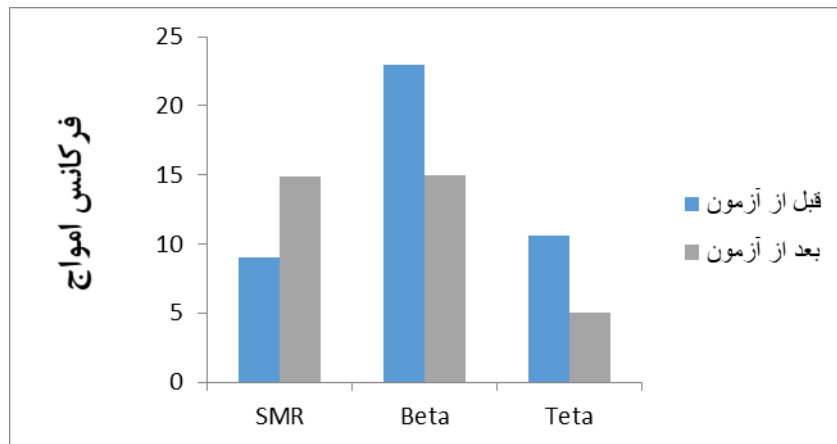


قسمت اعظم آن می‌تواند بر عوامل روانشناختی درد مرتبط باشد (۴۵) و سبب نتایج ضعیف پروتکل توانبخشی گردد (۴۶). پس بنابراین بنظر می‌رسد که شدت درد ادراکی و ترس از درد با شاخص والگوس داینامیک زانو بطور معناداری مرتبط باشد و از فرضیه ارائه شده در مطالعه ویتمن (Waiteman) و همکاران (۱۴)، گوین (Gwynne) و همکاران (۱۰)، آلمیدا (Almeida) و همکاران (۱۱) حمایت می‌شود. با ارجاع به شکل ۱ و ۲ تغییرات در امواج گروه تجربی نسبت به گروه کنترل مشاهده می‌شود که بر صحت اثربخشی تمرین بازخورد عصبی و نتایج هم راستا با شدت درد ادراکی و ترس از درد در این مطالعه دلالت دارد. علیرغم کاهش زاویه افتادگی لگن پس از دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بهبودی معناداری مشاهده نشد، پس در نتیجه بنظر می‌رسد علاوه بر شدت درد ادراکی و ترس از درد سایر عواملی همچون ضعف در قدرت و یا تاخیر فعالسازی عضله سرینی میانی در افتادگی لگن دخیل باشند که یکی دیگر از دلایل افتادگی لگن می‌باشد (۱۱). در فاز استانس نیروی جاذبه زمین لگن را به موقعیت آداکشن می‌برد، در همین لحظه عضلات سرینی میانی، سرینی کوچک و قسمت فوقانی عضله سرینی بزرگ همان طرف به بصورت اکسنتریک منقبض می‌شوند تا بر خلاف گشتاور واروسی ناشی از نیروی جاذبه عمل کرده و ثبات لگن را برقرار سازند و در نتیجه از افتادگی لگن پیشگیری نمایند (۳۵). بنابراین افتادگی لگن می‌تواند بر اثر ناکارآمدی عضلات آداکتور ران باشد که باعث حرکت بردار نیروی عکس العمل زمین و مرکز جرم بدن به اندام حمایت کننده می‌شود و نیاز به فعالسازی عضلات آداکتور ران کاهش می‌یابد که در نتیجه به افزایش گشتاور آداکشن زانو و افتادگی لگن منجر می‌گردد (۱۱). از نقاط قوت مطالعه حاضر این است که، پژوهش حاضر اولین کار آزمایشی بالینی می‌باشد که بصورت مستقیم بر دستگاه عصبی مرکزی، امواج مغزی و عوامل روانشناختی درد که از عوامل اصلی اختلال در الگوی حرکتی هستند، مداخله دارد. نقاط ضعف و

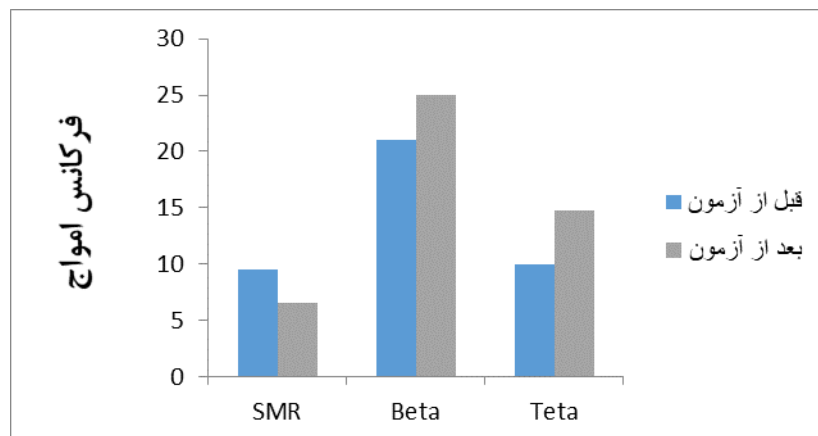
مکانیسم‌های مهار تالاموس را تسهیل کرده (۳۷)، که تأثیر اولیه و زود هنگام تمرین بازخورد عصبی بر ساختارهای تحت قشری بویژه تالاموس می‌باشد که به ادراکات معنا می‌بخشد و نقش مهمی در تنظیم مرکزی و تغییر در پردازش مرکزی درد و عوامل روانشناختی درد را بر عهده دارد (۳۸) بدین صورت که، دامنه امواج مربوط به تجربه درد مانند بتا و تتا و حس درد را تغییر داده و آن‌ها را از الگوهای مرتبط با درد به الگوهای مرتبط به حالت طبیعی تغییر می‌دهد و در نتیجه احساس درد، ادراک درد و تجربه درد را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش آستانه تحمل درد می‌شود (۳۹). در راستای مطالعه حاضر نتایج تحقیقات نشان داده است که قشر حسی حرکتی در رمز گذاری تکالیف فیزیکی و شناختی قشر مغزی کمک می‌کند (۴۰) و افزایش موج حسی حرکتی که بخشی از پروتکل پژوهش حاضر بود، تداخل پردازش محرک‌های غیر مرتبط مانند درد را کاهش می‌دهد، یکپارچگی شناختی را تسهیل می‌کند که در نهایت باعث ایجاد هماهنگی بین محیط و فرد و تنظیم حرکات بدن می‌شود (۴۱). کاهش امواج مغزی بتا و تتا بخشی از پروتکل پژوهش حاضر بودند؛ به طور کلی این امواج مربوط به تمرکز و توجه (۴۲) به حرکات و محرک‌های درد می‌باشد (۴۳) که در مرحله ارزیابی اولیه قبل از مداخله درمانی فراتر از حد طبیعی بودند. بنابراین در مطالعه حاضر بیماران در جلسات تمرین بازخورد عصبی آموختند که مناطق قشری و قسمت قدامی را که با پردازش درد و تجربه درد همراه است کنترل کنند، بدین صورت که با کاهش امواج مغزی در پهنای باند خاصی که منعکس کننده فرآیندهای نوروفیزیولوژی از ترس و تجربه درد کاسته و به بهبودی عوامل روانشناختی درد منجر شد (۳۷، ۴۴)؛ بدین ترتیب تمرین بازخورد عصبی بصورت مستقیم علت درد را درمان نکرده، بلکه واکنش در پردازش درد، تجربه درد و حس درد را تعدیل می‌نماید (۴۴). با توجه بر عوامل مذکور بنظر می‌رسد که شدت درد ادراکی در بیماران با سندروم درد کشککی‌رانی واقعی نباشد و

باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آینده به بررسی اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر کاهش والگوس داینامیک زانو و تاثیر آن بر گشتاور آبداکشنی و نیروی عکس العمل عمودی زمین بپردازند.

محدویت پژوهش حاضر شامل عدم کنترل سرعت حرکت پایین آمدن از پله، عدم کنترل شرایط روانی بیماران قبل از جلسات تمرین و عدم ارزیابی تغییرات گشتاور آبداکشنی زانو و نیروی عکس العمل عمودی زمین می‌-



شکل ۱. تغییرات امواج مغزی در گروه تجربی را نشان می‌دهد که پس از دوازده هفته تمرینات بازخورد عصبی امواج حسی حرکتی افزایش و امواج بتا و تتا کاهش یافته‌اند



شکل ۲. تغییرات امواج مغزی در گروه کنترل را نشان می‌دهد که پس از دوازده هفته امواج حسی حرکتی کاهش و امواج بتا و تتا افزایش یافته‌اند.

تحت تاثیر شدت درد ادراکی و ترس از درد باشند، و شاخص والگوس داینامیک زانو نسبت به افتادگی لگن بطور معناداری تحت تاثیر شدت درد ادراکی و ترس از درد باشد که پس از دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بطور معناداری زاویه آن کاهش یافته است. در نهایت بنظر می‌رسد که سندروم درد کشککی‌رانی فقط به علائم ارتوپدی محدود نمی‌گردد و ممکن است بر عوامل روانشناختی

## نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دوازده هفته تمرین بازخورد عصبی بطور معناداری با کاهش شدت درد ادراکی، کاهش ترس از درد و کاهش زاویه والگوس داینامیک زانو همراه بود اما با این حال علیرغم کاهش افتادگی لگن بهبودی معناداری حاصل نشده است. در نتیجه به نظر می‌رسد که افتادگی لگن و شاخص والگوس داینامیک زانو

access journal of sports medicine. 2017;8:143.

4. Rathleff MS, Samani A, Olesen JL, Roos EM, Rasmussen S, Madeleine P. Effect of exercise therapy on neuromuscular activity and knee strength in female adolescents with patellofemoral pain—an ancillary analysis of a cluster randomized trial. *Clinical Biomechanics*. 2016 ;34:22-9.
5. Boling M, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20(5):725-30.
6. Ferrari D, Briani RV, de Oliveira Silva D, Pazzinatto MF, Ferreira AS, Alves N, de Azevedo FM. Higher pain level and lower functional capacity are associated with the number of altered kinematics in women with patellofemoral pain. *Gait & posture*. 2018;60:268-72.
7. Lankhorst NE, van Middelkoop M, Crossley KM, Bierma-Zeinstra SM, Oei EH, Vicenzino B, Collins NJ. Factors that predict a poor outcome 5–8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *Br J Sports Med*. 2016;50(14):881-6.
8. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *Br J Sports Med*. 2017;51(24):1713-23.
9. Di Staulo AM, Scholtes SA, Salsich GB. A descriptive report of the variability in 3D hip and knee kinematics during a

مانند ترس از درد در سیستم عصبی مرکزی تاثیر گذارد. در نتیجه بنظر می‌رسد که بکارگیری تمرینات توانبخشی به همراه مداخله بازخورد عصبی یک رویکرد درمانی جامعی باشد که هر دو قسمت محیطی و مرکزی را مورد هدف قرار می‌دهد.

#### تقدیر و تشکر

این مطالعه مستخرج از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد می‌باشد. از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش بخاطر همکاری با گروه تحقیق که اجرای پژوهش حاضر را امکان پذیر نمودند، نهایت قدردانی و سپاس به عمل می‌آید. همچنین از مسئولین آزمایشگاه توانبخشی و روانشناسی به سبب در اختیار قرار دادن شرایط آزمایشگاهی برای انجام این پژوهش و متخصصین آزمایشگاه که در ارزیابی بیماران ما را یاری نمودند نهایت قدردانی و سپاس به عمل می‌آید.

#### تضاد منافع

در این مطالعه تضاد منافع وجود ندارد.

#### منابع

1. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Smith TO, Logan P. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2018;13(1): 0190892.
2. Witvrouw E, Callaghan MJ, Stefanik JJ, Noehren B, Bazett-Jones DM, Willson JD, Earl-Boehm JE, Davis IS, Powers CM, McConnell J, Crossley KM. Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver. *Br J Sports Med*. 2014 ;48(6):411-4.
3. Petersen W, Rembitzki I, Liebau C. Patellofemoral pain in athletes. *Open*

16. Doménech J, Sanchis-Alfonso V, Espejo B. Changes in catastrophizing and kinesiophobia are predictive of changes in disability and pain after treatment in patients with anterior knee pain. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2014;22(10):2295-300.
17. Maclachlan LR, Matthews M, Hodges PW, Collins NJ, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: a cross-sectional study. *Scandinavian journal of pain*. 2018;18(2):261-71.
18. Domenech J, Sanchis-Alfonso V, López L, Espejo B. Influence of kinesiophobia and catastrophizing on pain and disability in anterior knee pain patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(7):1562-8.
19. Hammond DC. What is neurofeedback?. *Journal of neurotherapy*. 2007;10(4):25-36.
20. Malek M, Halvani GH, Fallah H. A study of the relationship between the Pittsburgh sleep quality index and road accidents among truck drivers. *Occupational Medicine quarterly journal*. 2011;3(1):14-20.
21. Piva SR, Fitzgerald K, Irrgang JJ, Jones S, Hando BR, Browder DA, Childs JD. Reliability of measures of impairments associated with patellofemoral pain syndrome. *BMC musculoskeletal disorders*. 2006;7(1):33.
22. Roper JL, Harding EM, Doerfler D, Dexter JG, Kravitz L, Dufek JS, Mermier CM. The effects of gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. *Clinical biomechanics*. 2016;35:14-22.
23. Liao TC, Powers CM. Tibiofemoral kinematics in the transverse and frontal planes influence the location and magnitude of peak patella cartilage single limb squat in women who have patellofemoral pain and visually classified dynamic knee valgus. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2019 8:1-0.
10. Gwynne CR, Curran SA. Two-dimensional frontal plane projection angle can identify subgroups of patellofemoral pain patients who demonstrate dynamic knee valgus. *Clinical Biomechanics*. 2018;58:44-8.
11. De Almeida Novello A, Garbelotti Jr S, dos Anjos Rabelo ND, Ferraz AN, Bley AS, Correa JC, Politti F, Lucareli PR. Descending stairs: Good or bad task to discriminate women with patellofemoral pain?. *Gait & posture*. 2018 ;65:26-32.
12. Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(7):1323-8.
13. De Oliveira Silva D, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferrari D, Aragão FA, de Azevedo FM. Reduced knee flexion is a possible cause of increased loading rates in individuals with patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*. 2015;30(9):971-5.
14. Waiteman MC, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferreira AS, Ferrari D, de Oliveira Silva D, de Azevedo FM. Relationship between knee abduction moment with patellofemoral joint reaction force, stress and self-reported pain during stair descent in women with patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*. 2018;59:110-6.
15. Noehren B, Shuping L, Jones A, Akers DA, Bush HM, Sluka KA. Somatosensory and biomechanical abnormalities in females with patellofemoral pain. *The Clinical journal of pain*. 2016;32(10):915.

30. Cunha AB, Babik I, Harbourne R, Cochran NJ, Stankus J, Szucs K, Lobo MA. Assessing the Validity and Reliability of a New Video Goniometer App for Measuring Joint Angles in Adults and Children. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2019;3(1):45.
31. Yakut E, Bayar B, Meriç A, Bayar K, Yakut Y. Reliability and validity of reverse visual analog scale (right to left) in different intensity of pain. *The Pain Clinic*. 2003;15(1):1-6.
32. Mahdih Rahmanian, Zahra Sarvarian, Maryam Zamani. Compare the Effectiveness of Music Therapy and Neurofeedback on Psychosomatic Disorder Pain Relief. *Neuropsychology*. 2016;24(6):52-23.
33. Hamid s, Gholizadeh z, Maryame e. Effectiveness of Neurofeedback on Risky Decision Making. *Neuropsychology*. 2018;26(4): 109-120.
34. Merkle SL, Sluka KA, Frey-Law LA. The interaction between pain and movement. *Journal of Hand Therapy*. 2018; 22(1):39-48.
35. Frank C, Page P, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. *Human kinetics*; 2009.
36. Gracely RH, Geisser ME, Giesecke T, Grant MA, Petzke F, Williams DA, Clauw DJ. Pain catastrophizing and neural responses to pain among persons with fibromyalgia. *Brain*. 2004;127(4):835-43.
37. Kayıran S, Dursun E, Dursun N, Ermutlu N, Karamürsel S. Neurofeedback intervention in fibromyalgia syndrome; a randomized, controlled, rater blind clinical trial. *Applied psychophysiology and biofeedback*. 2010;35(4):293-302.
- stress: An investigation of runners with and without patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*. 2019 ;62:72-8.
24. Rathleff MS, Samani A, Olesen JL, Roos EM, Rasmussen S, Madeleine P. Effect of exercise therapy on neuromuscular activity and knee strength in female adolescents with patellofemoral pain—an ancillary analysis of a cluster randomized trial. *Clinical Biomechanics*. 2016;34:22-9.
25. McNeil DW, Kennedy SG, Randall CL, Addicks SH, Wright CD, Hursey KG, Vaglienti R. Fear of Pain Questionnaire-9: Brief assessment of pain-related fear and anxiety. *European Journal of Pain*. 2018;22(1):39-48.
26. Kachooei AR, Ebrahimzadeh MH, Erfani-Sayyar R, Salehi M, Salimi E, Razi S. Short Form-McGill Pain Questionnaire-2 (SF-MPQ-2): a cross-cultural adaptation and validation study of the Persian version in patients with knee osteoarthritis. *Archives of bone and joint surgery*. 2015;3(1):45.
27. Goto S, Aminaka N, Gribble PA. Lower-Extremity Muscle Activity, Kinematics, and Dynamic Postural Control in Individuals With Patellofemoral Pain. *Journal of sport rehabilitation*. 2018;27(6):505-12.
28. Briani RV, Pazzinatto MF, Waiteman MC, de Oliveira Silva D, de Azevedo FM. Association between increase in vertical ground reaction force loading rate and pain level in women with patellofemoral pain after a patellofemoral joint loading protocol. *The Knee*. 2018;25(3) ;398-405.
29. Scholtes SA, Salsich GB. A dynamic valgus index that combines hip and knee angles: assessment of utility in females with patellofemoral pain. *International journal of sports physical therapy*. 2017;12(3):333.

43. Jensen MP, Sherlin LH, Askew RL, Fregni F, Witkop G, Gianas A, Howe JD, Hakimian S. Effects of non-pharmacological pain treatments on brain states. *Clinical Neurophysiology*. 2013;124(10):20-24.
44. Trullinger M, Pradhan D, Bruns TA, Clark BB. Benefits of combining neurofeedback and physical therapy for chronic pain: A case study. *Journal of Surgery and Rehabilitation*. 2017;8(3)354-362.
45. Jensen R, Hystad T, Baerheim A. Knee function and pain related to psychological variables in patients with long-term patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2005;35(9):594-600.
46. Doménech J, Sanchis-Alfonso V, Espejo B. Changes in catastrophizing and kinesiophobia are predictive of changes in disability and pain after treatment in patients with anterior knee pain. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2014;22(10):2295-300.
38. Enriquez-Geppert S, Huster RJ, Ros T, Wood G. Neurofeedback. In: *Theory-driven approaches to cognitive enhancement*. 2017 (pp. 147-164).
39. Ibric VL, Dragomirescu LG. Neurofeedback in pain management. *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback: Advanced theory and applications* 2nd ed. 2009 ;13:417-51.
40. HAMID S, GHOLIZADEH Z, MARYAM E. Effectiveness of Neurofeedback on Risky Decision Making. *Neuropsychology* .2017; 3(10): 109-120.
41. Razieh Hojabrnia<sup>1</sup>, Shahzad Tahmasebi Boroujeni. Improvement of Visual and Spatial Memory as a Result of Neurofeedback with an Emphasis on Decreasing Beta Wave and Increasing SMR Wave. *Neuropsychology*. 2018; 9(12 ): 12 9-140.
42. Marzbani H, Marateb HR, Mansourian M. Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic and clinical neuroscience*. 2016;7(2):143.

Cite this article as:

Ahmadi MR, Yalfani A, Gandomi F, Rashid Kh. The Effect of Twelve Week Neurofeedback Training on Perceptual Pain Intensity, Fear of Pain, Pelvic Drop, and Dynamic Knee Valgus Index in Men with Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Double-Blind Clinical Trial. *Sadra Med Sci J* 2020; 8(2): 151-164.