

Effect of the Mirror Visual Feedback on sensory reeducation outcomes after median/ ulnar nerve repairs

Farzane Saberi¹, Laleh Lajevardi^{*2}, Leila Mirzaei³, Hossein Ali Abdolrazaghi⁴, Saeideh Soltani⁵

1. MSc student of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. PhD of Occupational Therapy, Assistant Professor, Department of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. MSc of Occupational Therapy, Department of Hand and Upper Extremity, Hazrate Fateme Educational and Medical Hospital, Tehran, Iran.
4. MD, Assistant Professor, Fellowship of Hand Surgery, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. MSc student of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Article Received on: 2015.August.23

Article Accepted on: 2015.December.14

Abstract

Background and Aim: The Mirror Visual Feedback (MVF) is a relatively new intervention that focuses on the observation of healthy hand gestures in the mirror to improve damaged hand motion. This approach is based on the concept of central representation of phantom or affected limb. The aim of the present study was to determine the effect of Mirror Therapy as a supplementary approach on Sensory re-education outcomes after median/ ulnar nerve repair.

Materials and Methods: In a randomized controlled trial, 10 patients (mean age 32 years) with repaired median/ulnar nerves were selected from the available community and were randomly assigned using random cards in to intervention and control groups. Both groups received traditional rehabilitation program, three times a week, each time for 40 minute. In addition, intervention group received Mirror Therapy, 15 minutes a day, 5 days a week, for 8 weeks. outcome measures Semmes-Weinstein Monofilaments (SWMS) and Two Points Discrimination (TPD) were given to check the status of superficial sensation and Stereognosis for sensory function prior to (4-6th week after surgery) and after the (12th week after surgery) treatment.

Results: The SWMS and TPD scores significantly improved in the post test in both groups; however, Mirror Therapy exhibited significantly greater changes in the SWMS and TPD scores compared with that in control group ($p \leq .05$)

Conclusion: The MVF, in combination with traditional sensory reeducation program, produced more improvement in the superficial sensation and sensory function compared with that in the control group in the first phase of sensory reeducation. This may be due to the potential of cerebral neuroplasticity, stimulation of somatosensory areas, and motor network, modulation of cerebral reorganization and also prevention of further changes.

Keywords: Mirror Visual Feedback, Sensation, Peripheral Nerve, Hand Therapy, Randomized Control Trial.

Cite this article as: Farzane Saberi, Laleh Lajevardi, Leila Mirzaei, Hossein Ali Abdolrazaghi, Saeideh Soltani. Effect of the Mirror Visual Feedback on sensory reeducation outcomes after median/ ulnar nerve repairs. J Rehab Med. 2016; 5(3): 84-94.

* Corresponding Author: Laleh Lajevardi, PhD of Occupational Therapy, Assistant Professor, Department of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
E-mail address: laleh23275@yahoo.com

بررسی تاثیر دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه در نتایج باز آموزی حسی پس از ترمیم اعصاب مدین / اولنار در اندام فوقانی

فرزانه صابری^۱، لاله لاجوردی^{۲*}، لیلامیرزایی^۳، حسینعلی عبدالرزاقی^۴، سعیده سلطانی^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۲. استادیار گروه آموزشی کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد کاردرمانی، بخش درمانی دست و اندام فوقانی، بیمارستان آموزشی و درمانی حضرت فاطمه (س)، تهران، ایران
۴. استادیار فلوشیپ جراحی دست، بیمارستان سینا، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵. دانشجوی کارشناسی ارشد کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۴/۰۶/۱۶ پذیرش مقاله ۱۳۹۴/۰۹/۲۳ *

چکیده

مقدمه و هدف

دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه (آئینه درمانی) یکی از مداخلات جدیدی است که بر مشاهده حرکات دست سالم در آئینه جهت بهبود حرکات دست آسیب دیده تمرکز می کند، پایه ی این روش بر مبنای مفهوم بازنمایی مرکزی عضو قطع شده یا آسیب دیده می باشد. هدف از مطالعه ی حاضر، تعیین تاثیر آئینه درمانی به عنوان یک روش مکمل در نتایج حاصل از بازآموزی حسی پس از ترمیم عصب مدین / اولنار در اندام فوقانی می باشد.

مواد و روش ها

در یک کارآزمایی بالینی تصادفی، تعداد ۱۰ بیمار با آسیب عصب مدین / اولنار (میانگین سن: ۳۲ سال) از جامعه در دسترس انتخاب شده و به طور تصادفی با روش Random card در ۲ گروه درمان و کنترل مورد بررسی قرار گرفتند. بیماران هر دو گروه کنترل و آئینه درمانی، برنامه های معمول توانبخشی را ۳ جلسه در هفته به مدت ۴۰ دقیقه دریافت کردند. علاوه بر این بیماران گروه مداخله تکنیک آئینه درمانی را روزانه ۱۵ دقیقه و ۵ روز در هفته به مدت ۸ هفته دریافت نمودند. وضعیت حسی توسط Semmes_ Weinstein Monofilaments (SWMS) و Two Points Discrimination (TPD) و کارکرد حسی توسط تست Stereognosis، قبل (۴-۶ هفته بعد از جراحی) و بعد از اتمام مداخلات (۱۲ هفته بعد از جراحی) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها

آنالیز نهایی بر روی ۱۰ بیمار صورت گرفت. نمرات ابزارهای ارزیابی SWMS و TPD در هر دو گروه بهبودی معناداری در جلسه پس از درمان نشان داد. تغییرات در نمرات SWMS و TPD و استرگونوزیس در گروه آئینه درمانی به مراتب بیشتر از گروه کنترل بود ($p \leq 0/05$).

نتیجه گیری

رویکرد دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه در ترکیب با برنامه های معمول باز آموزی حسی، سبب بهبودی بیشتری درحس سطحی و تمایز لمسی دست نسبت به گروه کنترل در فاز اول برنامه های بازآموزی حسی گردید که می توانست به علت استفاده از پتانسیل نوروپلاستی سیتی مغزی و تحریک نواحی حسی-پیکری و شبکه های حرکتی و تعدیل بازسازماندهی مغزی زود هنگام و جلوگیری از تغییرات بیشتر آن باشد.

واژه های کلیدی

دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه، حس، اعصاب محیطی، توانبخشی دست، کارآزمایی بالینی تصادفی

نویسنده مسئول: دکتر لاله لاجوردی، استادیار گروه آموزشی کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: laleh23275@yahoo.com

مقدمه و اهداف

عملکرد خوب دست برای انجام فعالیت های متداول روزانه، فعالیت های حرفه ای و همچنین اکتشاف دنیای اطراف از طریق حس لمس ضروری می باشد. دست به عنوان نماینده‌ی مغز در محیط خارج عمل می‌کند به همین دلیل دکارت فیلسوف معروف آن را مغز بیرونی نامید^[۱]. استرگنوزیس^۱ یا حس فاندکشنال دست، که به آن حس شناخت لمسی نیز می‌گویند، توانایی شناخت و تعیین هویت بافت ها و اشکال مختلف را امکان پذیر می‌سازد^[۲]. حس لمس برای تعامل و ارتباط بین فردی بسیار مهم است^[۳]. قابلیت دست در اجرای حرکات ظریف پیچیده، در ترکیب با عملکردهای حسی بسیار پیشرفته، موجب شده مغز از دست به عنوان یک ابزار استفاده نماید. از این رو آسیب عصب محیطی موجب تخریب و از دست رفتن آنی این عملکردها می‌گردد. قطع یا برش عرضی اعصاب محیطی منجر به اختلال ناگهانی در عصب رسانی^۲ می‌گردد که تاثیر فوری و پایداری در نمایش مغزی^۳ دست می‌گذارد. بنابراین در کورتکس حسی پیکری مغزی و درقسمت مربوط به عصب مدین، یک (حفره سیاه^۴) خاموشی ایجاد می‌گردد و نواحی ارتباطی کورتکس حسی شروع به آمادگی برای دریافت درونداها از نواحی مجاور می‌کنند. این تغییرات تا قبل از اینکه بازسازی^۵ آکسونی اتفاق بیفتد وجود دارد. در این مدت، دست فاقد هر گونه حسی است و هیچ گونه درون داد حسی از نواحی عصب دهی شده به مغز نمی‌رسد. پس از ترمیم عصب محیطی، زمانی که عصب به سمت گیرنده های حسی مجددا رشد می‌کند، کورتکس حسی پیکری به منظور معنی کردن تحریکات ورودی از نواحی آسیب دیده مجددا سازمان دهی می‌شود. بعد از آسیب عصبی، بیماران قادر به تفسیر درست تحریکات عصبی ایجاد شده از سیستم اعصاب مرکزی نمی‌باشند^[۴]. برنامه بازآموزی حسی روشی است که به این بیماران در تفسیر درست تحریکات حسی غیر طبیعی تولید شده در سیستم ثانویه عصبی، کمک می‌کند. این موضوع اولین بار توسط Wynn parry گزارش شد. وی آموزش ها را به دو بخش تمرینات لوکالیزاسیون^۶ و استرگنوزیس تقسیم بندی کرده بود^[۵]. در سال ۱۹۷۴ Dellon برنامه بازآموزی حسی را در قالب دو فاز اولیه^۷ (زود هنگام) و فاز ثانویه^۸ توصیف نمود. فاز اولیه بر روی آموزش درک لمس سبک، لوکالیزاسیون و تمرینات در فاز ثانویه بر روی تشخیص شکل، اندازه و شناخت اشیا با استفاده از اشیای خانگی متمرکز بود^[۸]. هدف از انجام برنامه بازآموزی حسی، بازگرداندن مجدد حس تمایز لمس و به دست آوردن حداکثر کارکرد حسی است. هدف اصلی فاز اول برنامه های بازآموزی حسی حفظ بازنمایی^۹ مغزی دست، با استفاده از تعامل بین حواس دیداری-لمسی و شنوایی-لمسی می‌باشد^[۹]. یک روش درمانی ساده، ارزان، بی خطر و از همه مهمتر، بیمار-مدار در بهبود عملکرد اندام فوقانی که برای اولین بار توسط Ramachandran & Rogers-Ramachandran در بیماران با درد خیالی اندام^{۱۰} شرح داده شد، استفاده از بازخورد بینایی از طریق آئینه^{۱۱} یا آئینه درمانی^{۱۲} می‌باشد که در فاز اولیه ی برنامه بازآموزی حسی با هدف حفظ نمایش دست در مغز انجام می‌گردد. سیستم نورو-های آئینه ای^{۱۳} به عنوان مکانیسم عصبی که پایه ی روش آئینه درمانی است، یک شبکه حرکتی متشکل از نورو-های آئینه ای هستند که در ابتدا مکان آن ها در قشر پیش حرکتی^{۱۴} گزارش گردید، ولی در مطالعات بعدی نشان داده شد که آن ها هم چنین در لوب های آهیانه نیز وجود دارند. این دسته از نورو-ها، هنگام مشاهده حرکت^{۱۵}، تصویر ذهنی حرکت^{۱۶} و انجام حرکت^{۱۷} فعال می‌گردند^[۱۰]. در بسیاری از فرضیه ها نقش کارکردی نورو-های آئینه ای، درک عمل (فعالیت)، تقلید، درک

¹Stereognosis

²Deafferentation

³Cortical Representation

⁴Black Hole

⁵Regeneration

⁶Localization

⁷Early Phase

⁸Late Phase

⁹Representation

¹⁰Phantom Limb Pain

¹¹Mirror Visual Feedback

¹²Mirror Therapy

¹³Mirror Neurons System

¹⁴Premotor

¹⁵Motor Observation

¹⁶Motor Imagery

¹⁷Motor Execution

منظور از انجام فعالیت و همدلی ذکر شده است. علاوه بر این پیشنهاد گردیده است که سیستم نورون های آئینه ای ممکن است یک مکانیسم نورونی باشد که از آن زبان توسعه یافته است. نورون های آئینه ای لزوما در تعاملات بین مدالیته های متعدد (بینایی، فرمان های حرکتی، حس عمقی) درگیر هستند و نشانگر این موضوع است که می تواند در توانبخشی اختلالات مختلف نقش داشته باشد [۱۱]. روش آئینه درمانی در بیماران مبتلا به سندروم درد راجعه مزمن [۱۲]، درد خیالی [۱۳]، سکتة مغزی [۱۴] و دیستونی موسیقی دانان [۱۵] در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد روش استفاده از فیدبک بینایی از طریق آئینه در بیماران مبتلا به سکتة مغزی منجر به فعالیت کورتکس حسی حرکتی، در نیم کره آسیب دیده گردیده [۱۴] و در بیماران مبتلا به سندروم درد راجعه مزمن، فیدبک بینایی از سمت مبتلا سبب کاهش درک درد از طریق اصلاح ارتباط سالم بین فیدبک حسی و هدف حرکتی شده است [۱۵].

با بررسی پایگاههای اطلاعاتی مختلف (Iran Medex, SID, Magirn, Medline, Science Direct, Pubmed) از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ در زمینه ی تاثیر آئینه درمانی در ضایعات عصبی مدین/ اولنار، مطالعات اندکی یافت شد. اولین مطالعه در سال ۲۰۰۵ توسط Rosen & Lundborg انجام گرفته است. این مطالعه تنها یک مطالعه ی گزارش موردی (روی ۱ نفر) با هدف آموزش با آئینه برای تسهیل بازآموزی حسی بعد از ترمیم عصب مدین بود که در این مطالعه آئینه درمانی به عنوان یک برنامه خانگی به شخصی که دچار آسیب عصب مدین در سطح مچ بود، یک ماه بعد از جراحی معرفی گردیده بود، بعد از ۹ هفته از انجام آئینه درمانی، نوک^{۱۸} انگشتان شست و وسط و بند اول انگشت سیابه به فیلامان ۶/۶۵ پاسخ دادند [۱۶]. دومین مطالعه که همزمان با اتمام مطالعه ی حاضر در سال ۲۰۱۴ توسط Rosen به چاپ رسید یک مطالعه ی کارآزمایی بالینی تصادفی با هدف بررسی نتایج بازآموزی حسی به صورت فوری بود که در آن بلافاصله بعد از ترمیم اعصاب مدین و اولنار، از فیدبک بینایی آئینه و لمس مستقیم قسمت های آسیب دیده دست توسط خود فرد یا افراد دیگر، در فاز اول برنامه های بازآموزی حسی استفاده گردید. جلسات آئینه درمانی اجرا شده شامل تمرکز بر تصویر دست سالم و انجام حرکاتی توسط دست سالم و یا همزمان هر دودست بود و هیچ گونه لمس یا تحریک حسی روی دست سالم مقابل آئینه انجام نشده بود، پس از ارزیابی های انجام شده نشان داده شد که در گروه مداخله، که تا ۱۲ هفته در کنار مداخلات توانبخشی، از آئینه درمانی و لمس مستقیم دست استفاده شده بود، وضعیت تمایز لمسی بهتری نسبت به گروه کنترل دارند [۱۷]. فرضیه ی تحقیق حاضر این بود که بخشی از اختلالات حسی بیماران با آسیب عصب مدین/ اولنار، این است که پس از آسیب عصب، سازماندهی سیستم عصبی مرکزی تغییر کرده و تغییر شکل در همونکولوس های مغزی رخ می دهد و آئینه درمانی با تحریک چرخه نورون های آئینه ای و در نتیجه سیستم عصبی مرکزی می تواند روشی مطلوب در جهت جلوگیری از تغییر همونکولوس ها و تعدیل بازسازماندهی مغزی و در نتیجه روشی مطلوب در جهت بهبود هر چه سریعتر وضعیت حسی این بیماران باشد. به دلیل ناکافی بودن مطالعات انجام شده در این زمینه و همچنین نادیده گرفتن اهمیت اعمال تحریکات حسی با دست سالم مقابل آئینه در مطالعات انجام شده، مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی حاضر با هدف بررسی تاثیر دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه (به طور همزمان با ارائه توانبخشی مرسوم^{۱۹}) بر نتایج بازآموزی حسی، به عنوان یک روش بر پایه مکانیسم های عصبی در افراد با ترمیم های اعصاب مدین/ اولنار (افرادی با آسیب های عصب مدین یا آسیب اعصاب مدین و اولنار)، با تمرکز بر انجام تحریکات حسی و انجام فعالیت هایی با دست سالم مقابل آئینه طرح ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

در این مطالعه ی کارآزمایی بالینی یک سوکور^{۲۰} (عدم اطلاع شرکت کنندگان در مطالعه از قرار داشتن در گروه مداخله یا کنترل) تصادفی، تعداد ۱۰ بیمار با آسیب عصب مدین/ اولنار اندام فوقانی (میانگین سن: ۳۲ سال، دامنه سنی از سن ۲۲ تا ۵۳ سال) از جامعه در دسترس مورد بررسی قرار گرفتند. معیار های ورود به مطالعه شامل افراد با جراحی اعصاب مدین یا اولنار یا ترکیبی از هر دو، سن بین ۶۰-۱۸ سال، کسب حداقل نمره ی ۲۱ در آزمون مختصر وضعیت شناختی، عدم وجود آسیب های دیگر، به غیر از آسیب تاندونی و شریانی، گذشت حدود ۴-۶ هفته از زمان جراحی (جراحی با روش ترمیمی اپی نورال)، عدم ابتلا به دیابت یا سایر نوروپاتی های محیطی بود. معیار های خروج از مطالعه شامل مواردی از

¹⁸ Pad

¹⁹ Traditional

²⁰ Single Blind

قبیل عدم همکاری مناسب فرد در طول مطالعه و بروز مشکلات پزشکی در رابطه با جراحی فرد (مشکلاتی از قبیل عفونت، قطع تاندون یا عصب) بود. حجم نمونه در مطالعه‌ی پیش رو به این صورت مشخص شد که در طی بازه‌ی زمانی ۷ ماهه از مرداد تا بهمن سال ۹۳، افراد دارای معیار های ورود که توسط پزشکان دو مرکز بیمارستانی که با یک روش جراحی شایع و یکسان (ترمیم اپی نورال) تحت جراحی ترمیم عصب قرار گرفته بودند، ابتدا به صورت مطالعه‌ی پایلوت مورد بررسی قرار گرفتند، بعد از اجرای آزمون های آماری و صفر بودن مقادیر واریانس ها، به همین تعداد نمونه اکتفا گردید. با تایید طرح تحقیقاتی توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران و کسب رضایت نامه کتبی شرکت در مطالعه، با روش تصادفی (Random card) به ۲ گروه تقسیم شدند. به این ترتیب که به هر کدام از شرکت کنندگان یک کارت تعلق گرفت، کارت های شماره ی یک به گروه آزمایش و شماره ی دو به گروه کنترل تخصیص یافتند. بیماران به ۲ گروه آئینه درمانی (۵ نفر) و کنترل (۵ نفر) تقسیم شدند. تمامی افراد شرکت کننده از اینکه در گروه کنترل یا مداخله قرار دارند اطلاعی نداشته و فقط برای آن ها ذکر می گردید که در یک مطالعه کاملاً بی ضرر جهت بهبود عملکرد دست شان شرکت می کنند. در ضمن هیچ ارتباطی بین افراد دو گروه وجود نداشت.

بیماران هر دو گروه کنترل و مداخله، ۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته تحت برنامه های درمانی معمول توانبخشی به مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفتند که شامل تکنیک های توانبخشی از قبیل تکنیک های تسهیل سازی عصبی-عضلانی عمقی، تمرینات انفرادی مفاصل^{۲۱}، لغزش تاندونی^{۲۲}، آموزش احتیاطات حسی، تجویز انواع اسپیلنت ها، فعالیت های عملکردی و فعالیت های روزمره زندگی بود^[۱۸] که توسط یک درمانگر (نویسنده سوم) اجرا گردید. برای گروه مداخله علاوه بر برنامه های رایج توانبخشی، جلسات آئینه درمانی به میزان روزانه ۱۵ دقیقه، ۵ روز در هفته و به مدت ۸ هفته توسط درمانگر دیگر (نویسنده اول) انجام گردید که ۳ جلسه از جلسات آئینه درمانی در هفته، در کلینیک زیر نظر درمانگر انجام گردید و ۲ جلسه دیگر با دادن جعبه ی آئینه درمانی و دفترچه تمرین در منزل از مراجعان خواسته شد که در منزل انجام دهند. جعبه آئینه شامل آئینه ای به ابعاد ۴۵ . ۳۵ سانتیمتر که با زاویه ۸۰ درجه نصب شده بود، این وسیله توسط محققین ساخته و به مراجعین تحویل داده شد. در جلسات آئینه درمانی بیماران مقابل میزی که در مرکز آن یک جعبه آئینه قرار داده شده بود، نشسته و دست سالم جلوی آئینه و دست مبتلا پشت آئینه به فاصله یکسانی از آئینه قرار گرفت. به بیماران آموزش داده شد که تنها به آئینه نگاه کرده و بر روی دست درون آئینه که در واقع تصویری از دست سالم شان بود، تمرکز کنند. به آن ها اجازه پوشیدن هر چیزی که باعث افتراق اندام سالم خود از مبتلا شود مانند ساعت، انگشتر و... داده شد. جلسات آئینه درمانی شامل سه مرحله بود، مرحله ی اول: شامل اجرای تمریناتی در جهت پذیرش تصویر دست سالم به-عنوان دست آسیب دیده، انجام حرکاتی از قبیل پرونیشن، سوپینیشن، آپوزیشن و... (۵ دقیقه) مرحله ی دوم: لمس اشیا با درجات زبری مختلف در مقابل آئینه (۵ دقیقه). مرحله ی سوم: انجام فعالیت هایی با دست سالم مقابل آئینه، بدین صورت که از شرکت کننده خواسته شد اقداماتی از قبیل پاک کردن میز با دستمال، گرفتن کتاب یا بشقاب، گوشی موبایل، خودکار، قاشق، لیوان، سکه، سوییچ را با دست سالم انجام دهد و در حین انجام دادن تمامی مراحل به تصویر دست سالم درون آئینه تمرکز کند. برای ارزیابی وضعیت حس سطحی مراجعان از تست های SWMS و TPD و برای ارزیابی عملکرد حس تمایزی از تست استرگنوزیس قبل از شروع مداخلات و همچنین بعد از اتمام مداخلات استفاده گردید. در مطالعه‌ی حاضر، ارزیابی توسط نویسنده‌ی اول برای هر دو گروه انجام شد.

مونوفیلان های سمز وینشتاین (SWMS^{۲۳})

این تست اولین بار توسط Von Fery برای ارزیابی حس سطحی در دست مورد استفاده گرفت، مجموعه ی فیلامان ها بر اساس قطر درجه بندی شده اند ولی طولشان ثابت است جنس دسته های آن ها از جنس اکریلیک می باشد، روی آن ها شماره هایی ثبت شده است که نشان دهنده ی لگاریتم نیرویی است که آن فیلامان هنگام خم شدن اعمال می کند. هر کدام از این فیلامان ها برای اعمال فشار خاصی کالیبره شده اند. دامنه اعمال فشار فیلامان ها از ۱/۶۵ تا ۶/۶۵ میلی گرم و دامنه قطر آن بین ۲/۸۳ تا ۶/۶۵ می باشد. هر فیلامان سه بار برای هر نقطه اعمال شد و یک پاسخ صحیح از سه بار اعمال محرک، به عنوان پاسخ مثبت در نظر گرفته شد^[۱۸]. روایی درونی این آزمون در گروه سالم برابر ۰/۹۶۵ گزارش شده است^[۱۹].

²¹Blocking Exercise

²²Gliding Exercise

²³Semmes-Weinstein Monofilaments

تست تمایز دو نقطه^{۲۴} ثابت

حس تمایز دو نقطه از یک نقطه است به صورت ثابت می باشد، برای ارزیابی این حس از Calliper استفاده گردید که مربوط به تراکم عصب دهی فیبرهایی با انطباق آهسته است که لمس های ثابت و شدت تحریکات را تفسیر می کند. بینایی در هنگام ارزیابی حذف و نتایج حاصل از ارزیابی روی نقاشی دست مربوطه ثبت می گردد. تست با تحریک یک نقطه ای و تحریک دو نقطه ای با فاصله ۵ میلی متر از دیستال شروع شد. تحریکات به طور تصادفی و به صورت طولی روی منطقه ی مورد نظر اعمال شد تا از همپوشانی نواحی مربوط به اعصاب انتهایی جلوگیری به عمل بیاید. نیرو تا حدی وارد شد که نقطه ی فشار روی پوست سفید نشود. در صورتی که فرد می توانست ۲ تا از ۳ تحریک وارد شده را درست پاسخ دهد عملکرد حسی فرد مناسب در نظر گرفته می شد. پاسخ فرد به صورت "یکی"، "دوتا" یا "چیزی را حس نمیکنم" بود. در صورتی که پاسخ فرد اشتباه بوده یا دقیق نبود از فواصل بیشتری برای تحریک استفاده می شد و به تدریج به میزان فاصله اضافه شد تا زمانی که فرد توانست تفاوت بین یک نقطه و دو نقطه را تشخیص دهد. این افزایش فاصله در ۱۵ میلی متر متوقف شد. تشخیص دو نقطه در فاصله ی بین ۵ تا ۱۱ میلی متر نرمال، در فاصله ی ۱۱ تا ۱۵ میلی متر ضعیف، درک صرفاً یک نقطه نشان دهنده ی عملکرد حس محافظتی و عدم درک تحریک وارده نشان دهنده ی بی حسی بود.^[۲۰] Static 2PD Pearson r = .096.^[۲۱]

استرگنوزیس

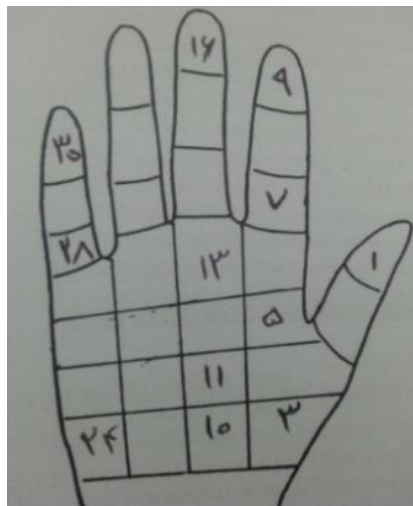
استرگنوزیس به معنای استفاده از حس لامسه و حس عمقی با حذف بینایی برای تعیین اشیا است. استرگنوزیس برای انجام بسیاری از فعالیت های روزمره زندگی مهم است. اشیای معمول مورد استفاده شامل مداد، کلید، عینک، گیره کاغذ، دکمه، سکه، چنگال بود. همچنین سه شکل هندسی، مربع، دایره، مثلث برای تشخیص نوع شکل هندسی مورد استفاده قرار گرفت. اگر فرد قادر بود اسم شی را سریع بگوید یا آن را از میان اشیای معمولی و اشکال هندسی مقابل خود تشخیص دهد، نمره ۲ کسب می کرد. اگر به خصوصیات آن اشاره نموده یا با تاخیر اسم آن را می گفت نمره ی ۱ و اگر قادر به گفتن اسم شی یا خصوصیات آن نبود نمره ۰ می گرفت. در مطالعه ی حاضر، برای ارزیابی پیش از شروع درمان، با توجه به اینکه دامنه حرکتی مفاصل انگشتان به دلیل آسیب عصبی و تاندونی محدود بود اشیا به کمک آزمونگر درون دست دستکاری گردید و همچنین پس از اتمام مداخلات به دلیل باقی ماندن محدودیت های دامنه ی حرکتی در برخی افراد، یک بار به صورت غیرفعال، اشیا به کمک آزمونگر بر روی مناطق بدون حس دستکاری گردید و یک بار توسط خود بیمار اشیا مورد دستکاری قرار گرفت (برای افراد با آسیب عصب مدین، برای دستکاری انگشتان حلقه و کوچک محدود گردید)^[۱۴].

یافته ها

با توجه به تصویر ۱، وضعیت حس سطحی ۳۰ ناحیه مربوط به دست، با استفاده از ابزار های ارزیابی SWMS و TPD مورد بررسی قرار گرفت و از بین آن ها ناحیه ۱۲ ناحیه انتخاب شد و نتایج بدست آمده از این ابزارها با آزمون های آماری مورد بررسی قرار گرفت. داده های مطالعه با استفاده از نرم افزار اس پی اس اس (نسخه ۲۱) و توسط یک متخصص آماری مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از آزمون کولموگروو اسمیرنوف^{۲۵} (K-S) برای متغیر استرگنوزیس و برآورد میانگین و انحراف معیار برای هر گروه، توزیع نرمال متغیر گزارش گردید. از آزمون آماری پارامتریک (t مستقل) جهت بررسی اختلاف دو گروه با میانگین و فاصله ی اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. (سطح معناداری ۰/۰۵) آنالیز نهایی بر روی ۱۰ بیمار شرکت کننده صورت گرفت. اطلاعات دموگرافیک بیماران در جدول ۱ آورده شده است، دامنه کلی سن افراد در گروه آئینه درمانی بین ۲۲ تا ۴۵ سال و گروه کنترل بین ۲۲ تا ۵۳ سال بود. آنالیز اطلاعات حاکی از همسانی گروه ها از لحاظ مدت زمان سپری شده از جراحی و ارزیابی های قبل از درمان نشان دهنده ی مناسب بودن تصادفی سازی نمونه ها بود، با بررسی سطح معناداری (P) پیش از شروع درمان، مشخص گردید که گروه ها اختلاف معناداری نداشته و کم ترین سطح معناداری به دست آمده برای متغیر SWMS برابر با ۰/۱۷۸، و برای متغیر TPD برابر با ۰/۳۷۴، بود که نشان دهند ه ی همگن بودن نمونه ها بود.

²⁴ Two Points Discrimination

²⁵ Kolmogorov-Smirnov



تصویر ۱: نواحی بررسی شده در ارزیابی های حسی TPD و SWMS از لحاظ آماری

جدول ۱: ویژگی های کلینیکی و دموگرافیک بیماران (n=۱۰)

گروه		پارامتر/متغیر
کنترل	آئینه درمانی	
۳۱	۳۲	میانگین سن (سال)
(مرد=۵، زن=۰)	(مرد=۵، زن=۰)	جنس (مرد-زن)
(راست=۳، چپ=۲)	(راست=۴، چپ=۱)	دست مبتلا (راست-چپ)
(مدین=۲، مدین و اولنار=۳)	(مدین=۲، مدین و اولنار=۳)	عصب آسیب دیده (مدین-مدین و اولنار)
(دارند=۵، ندارند=۰)	(دارند=۵، ندارند=۰)	آسیب های تاندونی (دارند-ندارند)
۵	۵	ترمیم اپی نورال
(۴ هفته=۴، ۵ هفته=۱)	(۴ هفته=۳، ۵ هفته=۲)	مدت زمان گذشته از جراحی (۴ هفته-۵ هفته)

با توجه به جدول ۲ با استفاده از آزمون آماری t مستقل برای دو گروه کنترل و مداخله و مقایسه ی آن ها با یکدیگر، پس از آنالیز نمرات آزمون SWMS در آزمون آماری t مستقل بعد (پس آزمون)، سطح معناداری (p) ناحیه ۵ ($p \leq 0.050$) و در آزمون TPD، در آزمون آماری t مستقل بعد ۶ ناحیه معنادار گردید ($p \leq 0.035$). در مطالعه ی پیش رو، تعداد افراد شرکت کننده با آسیب عصب مدین در هر گروه کنترل و آزمایش ۲ نفر و تعداد افراد شرکت کننده با آسیب عصب مدین و اولنار در هر گروه ۳ نفر بود. با توجه به نتایج به دست آمده، نمرات SWMS و TPD حاکی از افزایش معنادار وضعیت حسی نواحی مربوط به عصب مدین در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل می باشد. در آزمون آماری t زوجی برای متغیر SWMS در گروه کنترل ۷ ناحیه ($p \leq 0.020$) و در گروه آزمایش ۹ ناحیه معنادار گردید ($p \leq 0.038$). برای متغیر TPD، برای گروه کنترل ۴ ناحیه ($p \leq 0.034$) و برای گروه آزمایش ۸ ناحیه ($p \leq 0.050$) معنادار شد. با مقایسه زوجی نمرات، در هر دو گروه درمان افزایش معنادار نمرات SWMS و TPD، در جلسه پس از درمان بود، هرچند که تفاوت معنادار آماری بین گروهی در جلسه پس از درمان وجود داشت، گروه آئینه درمانی از نمرات بالاتری نسبت به گروه کنترل در جلسه پس از درمان برخوردار بود. میانگین و تغییرات میانگین ارزیابی های انجام شده طی جلسات مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

بررسی تاثیر دریافت بازفورد بینایی از طریق آینه.....

جدول ۲: الف: مقایسه نتایج ارزیابی مونوفیلانت ها (SWMS) در گروه آزمایش و کنترل قبل و پس از دریافت مداخلات (n=۱۰)

میانگین، تغییرات میانگین و سطح معناداری آن ها در نواحی مختلف دست افراد شرکت کننده در مطالعه برای متغیر SWMS							
p-value در آزمون after پس آزمون (مقایسه دو گروه)	گروه کنترل			گروه آئینه درمانی			نواحی مورد بررسی دست
	p-value Paired t-test	میانگین (انحراف معیار)		p-value Paired t-test	میانگین (انحراف معیار)		
		بعد از درمان	قبل از درمان		بعد از درمان	قبل از درمان	
۰/۰۵۰	۰/۰۷۰	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۳۴	۲/۴۰(۱/۵۴)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۱
۰/۲۴۵	۰/۰۰۳	۳/۶۰(۱/۹۴)	۲/۰۰(۱/۴۱)	۰/۰۰۳	۴/۸۰(۰/۴۴)	۱/۰۰(۱/۰۰)	۳
۰/۰۱۹	۰/۰۰۵	۱/۸۰(۰/۸۳)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۰/۰۰۵	۳/۴۰(۰/۸۹)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۵
۰/۰۶۷	۰/۰۰۵	۱/۴۰(۰/۵۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۱۱	۲/۶۰(۱/۱۴)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۷
۰/۰۴۷	SD=۰	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۵۶	۲/۰۰(۰/۵۸)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۹
۰/۱۵۸	۰/۰۰۹	۳/۲۰(۱/۷۸)	۱/۴۰(۱/۱۴)	۰/۰۰۴	۴/۶۰(۰/۵۴)	۱/۰۰(۱/۰۰)	۱۰
۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۲/۰۰(۰/۷۰)	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۰۳	۳/۸۰(۰/۴۴)	۰/۸۰(۱/۰۹)	۱۱
۰/۱۴۳	۰/۰۱۶	۱/۸۰(۰/۸۳)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۰/۰۰۹	۲/۸۰(۱/۰۹)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۱۳
۰/۰۲۳	۰/۳۷۴	۰/۲۰(۰/۴۷)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۲۱	۲/۲۰(۱/۳۰)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۱۶
۱/۰۰	۰/۰۲۰	۴/۰۰(۱/۷۳)	۱/۶۶(۱/۵۲)	۰/۱۹۲	۴/۰۰(۱/۰۰)	۱/۶۷(۲/۸۸)	۲۴
۰/۱۸۴	۰/۱۸۴	۱/۰۰(۰/۰۰)	۰/۳۳(۰/۵۷)	SD=	۳/۰۰(۱/۷۳)	۱/۰۰(۱/۷۳)	۲۸
۰/۱۸۴	۰/۱۸۴	۰/۶۷(۰/۵۷)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۳۸	۳/۶۷(۲/۰۸)	۱/۰۰(۱/۷۳)	۳۰

جدول ۲: ب: مقایسه نتایج ارزیابی تمایز دو نقطه (TPD) در گروه آزمایش و کنترل قبل و پس از دریافت مداخلات (n=۱۰)

میانگین، تغییرات میانگین و سطح معناداری آن ها در نواحی مختلف دست افراد شرکت کننده در مطالعه برای متغیر TPD							
p-value after آزمون پس آزمون (مقایسه دو گروه)	گروه کنترل			گروه آئینه درمانی			نواحی مورد بررسی دست
	p-value Paired t-test	میانگین (انحراف معیار)		p-value Paired t-test	میانگین (انحراف معیار)		
		بعد از درمان	قبل از درمان		بعد از درمان	قبل از درمان	
۰/۰۱۴	۰/۳۷۴	۰/۲۰(۰/۴۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۵۰	۱/۶۰(۰/۸۹)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۱
۰/۲۷۳	۰/۰۰۵	۲/۰۰(۱/۰۰)	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۱۱	۲/۶۰(۰/۵۴)	۰/۴۰(۰/۵۴)	۳
۰/۰۶۵	۰/۰۳۴	۱/۰۰(۰/۷۰)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰۳	۱/۸۰(۰/۴۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۵
۰/۰۲۰	۰/۰۷۰	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۲۵	۱/۶۰(۰/۵۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۷
۰/۰۱۳	SD=۰	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۹۹	۱/۰۰(۰/۷۰)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۹
۰/۱۱۱	۰/۰۰۴	۱/۸۰(۰/۸۳)	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۱۱	۲/۶۰(۰/۵۴)	۰/۶۰(۰/۸۹)	۱۰
۰/۰۳۵	۰/۰۰۴	۱/۴۰(۰/۵۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۰/۰۰۳	۲/۲۰(۰/۴۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۱۱
۰/۰۰۵	۰/۰۷۰	۰/۶۰(۰/۵۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰۳	۱/۸۰(۰/۴۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۱۳
۰/۰۰۵	۰/۳۷۴	۰/۲۰(۰/۴۴)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰۴	۱/۴۰(۰/۵۴)	۰/۲۰(۰/۴۴)	۱۶
۱/۰۰	۰/۲۲۵	۱/۶۷(۱/۱۵)	۰/۶۷(۰/۵۷)	۰/۵۲۹	۱/۶۷(۰/۵۷)	۱/۰۰(۰/۷۳)	۲۴
۰/۱۵۸	SD=	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۷۴۲	۱/۰۰(۱/۰۰)	۰/۶۷(۱/۱۵)	۲۸
۰/۱۵۸	SD=	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۰۰(۰/۰۰)	۰/۷۴۲	۱/۰۰(۱/۰۰)	۰/۶۷(۱/۱۵)	۳۰

آنالیز نمرات استرگنوزیس حاکی از افزایش معنادار نمرات با گذشت زمان، در لمس فعال ($p = 0/002$) و غیر فعال اشیا ($p = 0/007$) بعد از اتمام درمان می باشد (میانگین و تغییرات میانگین ارزیابی های انجام شده در جدول ۳ آورده شده اند).

جدول ۳: مقایسه نتایج ارزیابی استرگنوزیس در گروه آزمایش و کنترل قبل و پس از دریافت مداخلات ($x=10$)

میانگین و تغییرات میانگین ابزار ارزیابی استرگنوزیس						
نحوه ی لمس اشیا	گروه آئینه درمانی			گروه کنترل		
	میانگین (انحراف معیار)		تغییرات	میانگین (انحراف معیار)		تغییرات
	قبل از درمان	بعد از درمان		قبل از درمان	بعد از درمان	
لمس غیر فعال اشیا	۰/۴۸	۲/۵۰	۲/۰۲	۰/۶۶	۱/۷۶	۱/۸
لمس فعال اشیا	۰/۰۰	۲/۶۸	۲/۶۸	۰/۰۰	۱/۸۲	۱/۸۲

بحث

مطالعه ی انجام شده اولین تحقیق کارآزمایی بالینی است که تاثیر آئینه درمانی را به عنوان روش مکمل در نتایج بازآموزی حسی یک ماه بعد از آسیب و ترمیم اعصاب مدین و اولنار مورد بررسی قرار داد. هدف از مطالعه ی کارآزمایی بالینی تصادفی حاضر، تعیین کارایی تاثیر دریافت فیدبک بینایی از طریق آئینه در بهبود وضعیت و کارکرد حسی دست افراد با آسیب اعصاب مدین و اولنار بود. تعداد افراد شرکت کننده با آسیب عصب مدین و همچنین آسیب اعصاب مدین و اولنار در هر دو گروه کنترل و آزمایش به ترتیب ۲ و ۳ بود. نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده ی بهبودی معنادار SWMS و TPD در هر دو گروه می باشد ولی میزان بهبودی معنادار در گروه آئینه درمانی در وضعیت بازگشت حس سطحی (TPD و SWMS) در نواحی مربوط به عصب مدین (هم در افراد با آسیب عصب مدین و هم در افراد با آسیب اعصاب مدین و اولنار) بیشتر از گروه کنترل بود که به نظر محققین در ناحیه عصب اولنار، با توجه به میزان بازگشت بهتر حس سطحی نسبت به ناحیه توزیع حسی عصب مدین، هر دو گروه میزان بهبودی مطلوبی داشته و تفاوت معناداری از این نظر بین دو گروه مشاهده نگردد.

میزان بهبودی عملکرد حس تمایزی (تست استرگنوزیس) به طور معناداری در گروه آئینه درمانی بیشتر از گروه کنترل بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات روزن و لاندوبرگ^[۱۶]، اسونز و همکارانش^[۲۲]، روزن و همکارانش^[۱۷] (۲۰۱۴) همخوانی دارد. تحقیقات مذکور گویای این نکته بودند که شروع زود هنگام برنامه های بازآموزی و استفاده از بازخورد بینایی توسط آئینه، می تواند بر وضعیت سازماندهی مجدد قشر مغزی تاثیر گذاشته و باعث تسریع وضعیت بازگشت حسی افراد با آسیب اعصاب مدین/ اولنار گردد.

در واقع میزان بازگشت حس سطحی و تمایز لمسی بعد از آسیب های عصبی، به فاکتورهای سیستم عصبی مرکزی بستگی دارد، که یکی از مهم ترین آن ها فرآیند سازماندهی کارکردی مجدد مغزی است که در اثر انحراف آکسون های در حال رشد ایجاد می گردد. پس از آسیب عصب و اختلال در پیام رسانی اندام فوقانی به مغز، وضعیت سیناپسی مغزی سریعاً دچار تغییر می گردد که این تغییرات همچنین در اثر تغییر در وضعیت بازنمایی دست در مغز و بزرگ شدن میدان گیرنده های مغزی مجاور می باشد. بازسازماندهی مغزی، الگوهای سیگنالی جدیدی را از گیرنده های محیطی برای مغز و از مغز برای عضلات ایجاد می کند. این تغییرات ایجاد شده تحت تاثیر عوامل زیست شناختی^{۲۶} و روان شناختی^{۲۷} قرار می گیرند، شواهد اخیر امکان استفاده از پتانسیل پلاستی سیتی مغزی را برای بهبود وضعیت کارکردهای حسی - حرکتی به دنبال آسیب عصبی، فراهم کرده است. تحقیقات نشان داده اند که استفاده از فیدبک بینایی و مشاهده ی انجام فعالیت دست سالم، می تواند باعث فعال کردن مناطق حسی و حرکتی مربوط به دست آسیب دیده در مغز گردد که باعث وضعیت کارکرد حسی - حرکتی می گردد. هدف از تحریک نواحی حسی-پیکری و شبکه های حرکتی و برنامه های بازآموزی حسی که در طول فاز اولیه پس از آسیب عصب، در زمان رشد مجدد آکسون ها، انجام می گردد، کمک به نرمال سازی میدان های دریافتی و تعدیل بازسازماندهی مغزی و جلوگیری از تغییرات بیشتر، در

²⁶Biological

²⁷Psychological

جهت تغییر و حفظ نقشه ی حسی دست و کمک به پردازش بهتر زبان جدید دست، انجام می گردد^[۳۳،۱۷]. به همین دلیل با شروع تکنیک دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه (آئینه درمانی) یک ماه بعد از جراحی، می تواند وضعیت بازگشت حس سطحی و تمایز لمسی بهبود یابد و بدین صورت می توان در مراکز کلینیکی از این روش استفاده کرد. از محدودیت های مطالعه ی انجام شده، کم بودن تعداد نمونه ها، آگاه بودن ارزیاب از افراد گروه مداخله و کنترل و همچنین عدم امکان انجام آزمایش های پاراکلینیکی بررسی عملکرد مغز از جمله ^{۲۸} FMRI جهت بررسی دقیق تر شبکه های عصبی درگیر در آئینه درمانی بود.

نتیجه گیری

یافته های این تحقیق نشان می دهد که بهبودی وضعیت حس سطحی و کارکرد حسی با استفاده از رویکرد دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه در فاز اول برنامه های بازآموزی حسی بعد از ترمیم اعصاب مدین / اولنار ارتقاء می یابد. نظر به بهبودی حاصل شده، استفاده از رویکرد دریافت بازخورد بینایی از طریق آئینه در فاز اول برنامه های بازآموزی حسی بعد از ترمیم اعصاب مدین / اولنار، توسط کاردرمانگران و تمامی درمانگران در کلینیک های توانبخشی دست توصیه می گردد.

سپاسگزاری و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد کاردرمانی فرزانه صابری به راهنمایی دکتر لاله لاجوردی می باشد. بدین وسیله از کلیه ی اساتید، پزشکان، بیماران، مسئولین بیمارستان حضرت فاطمه (س) که در انجام تحقیق پیش رو، ما را یاری نمودند و از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران برای حمایت های مالی انجام شده، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Brand P, Yancey P. The gift nobody wants. *Nat Neurosci.* 1993;2:570-573.
2. Lundborg G, Rosen B, Dahlin L, Holmberg J, Rosén I. Tubular repair of the median or ulnar nerve in the human forearm :a 5-year follow-up. *The Journal of Hand Surgery. British & European Volume.* 2004;29(2):100-7.
3. Gibson JJ. Observations on active touch. *Psychological review.* 1962; 69(6):477.
4. Dellon AL. Diabetic neuropathy: review of a surgical approach to restore sensation, relieve pain, and prevent ulceration and amputation. *Foot & ankle international.* 2004;25(10):749-755.
5. Wynn Parry CB. Rehabilitation of the hand. *J Bone joint surg [Br].* 1981;67B(4):635-637.
6. Wynn Parry, salter M. Sensory reeducation after median nerve lesions. *The Hand.* 1976;8(3):250-257.
7. Dellon AL, Curtis RM and Edgerton MT. Reeducation of sensation in the hand. *Plast Reconstr Surg.* 1974;53(3):297-350.
8. Hasan zade R. Sensory re-education methods after peripheral nerve repair in upper extremity: a review article. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences.* 2010;5(2)136-146. [In Persian]
9. Lundborg G, Rosén B. Hand function after nerve repair. *Acta physiologica.* 2007;189(2):207-17.
10. Rostami H, Arefi A, Tabatabaei S. Effect of mirror therapy on hand function in patients with orthopedic injuries: A randomized controlled trial. *Journal of Razi Medical Sciences.* 2013;19(103)9-17. [In Persian]
11. Rizzolatti G. The mirror neuron system and its function in humans. 2005;210(5-6):419-21.
12. McCabe CS, Haigh RC, Ring EF, Halligan PW, Wall PD, Blake DR. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type1). *Rheumatology (oxford).* 2003;42(1):97-101.
13. MacLachlan M, McDonald D, Waloch J. Mirror treatment of lower limb phantom pain: a case study. *Disability & Rehabilitation.* 2004;26(14-15):901-4.
14. Dohle C, Püllen J, Nakaten A, Küst J, Rietz C, Karbe H. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2009;23(3):209-17.
15. Byl NN, McKenzie A. Treatment effectiveness for patients with a history of repetitive hand use and focal hand dystonia: a planned, prospective follow up study. *J Hand Ther.* 2000;13(4):289-301.

²⁸Functional Magnetic Resonance Imaging

16. Rosén B, Lundborg G. Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery*. 2005;39(2):104-8.
17. Rosen, P. Vikstrom S. Enhanced early sensory outcome after nerve repair as a result of immediate post-operative re-learning: A randomized controlled trial. *The Journal of hand surgery(European Volume)*. 2015;40(6):598-606.
18. Hunter JM, Schneider LH, Mackin E, Callahan A. *Rehabilitation of the hand*. 6th ED. Philadelphia: Mosby;2011. P. 390-399.
19. Lindberg PG, Feydy A, Le Viet D, Maier MA, Drape J-L. Diffusion tensor imaging of the median nerve in recurrent carpal tunnel syndrome-initial experience. *European radiology*. 2013;23(11):3115-23.
20. Radomski MV, Trombly Latham CA. *Occupational Therapy for Physical Dysfunction*. 6th ED. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins; 2008. P. 224-25.
21. Dellon AL, Mackinnon S, Grosby P. Reliability of two point discrimination measurements. *Journal Of Hand Surgery*. 1987;12A(2,Part 1):693-69.
22. Birgit Svens and Birgitta Rosen. Early sensory re-learning after median nerve repair using mirror training and sense substitution. *Journal of hand therapy and hand surgery*. 2007;32(1):331-7.
23. Lundborg G. Nerve injury and repair- a challenge to the plastic brain. *Journal of the Peripheral Nerve System*. 2003;8(4):209-260.