مروری بر روش‌های بازآموزی حسی، به دنبال ترمیم اعصاب محیطی اندام فوقانی

رقیه حسن‌زاده*، مجید محمودعلیلو[1]، عباس بخشی‌پور رودسری[1]،
احمدرضا روفیگری[2]

چکیده

مقدمه: به دنبال جراحی ترمیمی تنه اعصاب محیطی در اندام فوقانی، به سرعت یک سازمان‌دهی مجدد کارکردی در مغز اتفاق می‌افتد؛ این پدیده به صورت شکل‌گیری تغییراتی در نقشه کورتیکال دست می‌باشد و علت آن انحراف آکسون‌های در حال رشد از مسیر اولیه و اصلی خود به سمت اندام‌های هدف است. برنامه‌های بازآموزی حسی، در فاز توان‌بخشی به منظور تسهیل و تأثیر گذاری مثبت بر روی روند یادگیری مجدد حسی انجام می‌شود. این برنامه‌ها موجب تطبیق دادن سازمان‌دهی سیناپتیک جدید و ارتقای سطح بهبودی حساسیت‌پذیری کارکردی می‌گردد که «اگنوزی لمسی» (Tactile Agnosia) نام دارد. هرچند در اغلب موارد، به ویژه در بزرگسالان، نتایج مأیوس‌کننده بوده، روش‌های برنامه بازآموزی حسی در چندین دهه اخیر تغییری نداشته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه ابتدا به جمع آوری مقالات مرتبط موجود از طریق جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی چون google، Ovid و Science Direct و همچنین مکاتبه با نویسندگان مقالات جهت احراز مقالات پرداخته شد و سپس به طور دقیق، بررسی و مرور مفاهیم و روش‌های موجود انجام پذیرفت.

بحث: در این بررسی، به مرور مفاهیم موجود در علوم اعصاب و شناختی، معرفی یک دلیل منطقی برای نیاز به تغییر و تعدیل روش‌های بازآموزی حسی قدیمی و پیشنهاد روش‌های جدید برای ارتقای میزان یادگیری مجدد حسی پس از ترمیم عصب پرداخته شد.

کلید واژه‌ها: بازآموزی حسی، روش‌های قدیمی، روش‌های جدید، علوم اعصاب و شناختی.

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۹
تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۳

مقدمه

همه حس‌های انسان با هم کار می‌کنند؛ حس لمس دارای نقشی حیاتی در کارکرد دست است و در تقابل و هماهنگی با کارکرد عضلات و مفاصل و غنی‌سازی ارتباطات، دخیل می‌باشد. فیزیولوژی حس دارای ماهیت و سیستم پیچیده‌ای از انواع گیرنده‌ها به منظور درک آگاهانه و ناآگاهانه است. هدف اولیه حس لمس، نه تنها حفاظت و تأمین بازخوراند (Feedback) برای برنامه‌های حرکتی، که درونداد (Input) لمسی یک کد برای توصیف خصوصیت شیء لمس‌شده می‌باشد (۱). غنی بودن دست از اطلاعات لمس در ترکیب با توانایی پردازش دینامیک مغز، به طور همزمان دست انسان را به صورت یک ابزار حساس با ظرفیت بالایی از ادراک و اجرای عملکردهای حساس در حوزه اکتشافی لمس تبدیل نموده است (۲).

حس کارکردی (Functional) که در مقالات مربوط به توان‌بخشی و جراحی دست از آن با عنوان «اگنوزی لمسی

* دانشجوی دکترای علوم اعصاب شناختی، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Email: rosin_56@yahoo.com
۱- دانشیار روان‌شناسی بالینی، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- استادیار جراحی میکروسکوپی و اعصاب محیطی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

www.mui.ac.ir

(Tactile agnosis)» نام می‌برند، حس ظریفی است که "گریپ بینا" را امکان پذیر می‌کند؛ یعنی توانایی شناسایی و تشخیص کیفیت جهان اطراف را، نه تنها به صورت درک لمسی، که به صورت تجربه و فهم لمس فراهم می‌سازد. پژوهشگری به نام Sterling Bunnell حس را "چشم انگشتان" نامیده است. این شباهت بینایی با حس لمس را Moberg نیز به طور کلاسیک با عنوان "نوک انگشت بینا" ذکر کرده است (۳). هدف از انجام این بررسی، مرور مفاهیم موجود در علوم اعصاب و شناختی، معرفی یک دلیل منطقی برای نیاز به تغییر و تعدیل روش‌های باز آموزی حسی قدیمی و پیشنهاد روش‌های جدید برای ارتقای میزان یادگیری مجدد حسی پس از ترمیم عصب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا به جمع آوری مقالات موجود، مربوط به سال‌ها ۲۰۱۰ و پیشتر، از طریق جستجو در موتورهای جستجویی چون google، Ovid و Science Direct و همچنین مکاتبه با نویسندگان مقالات جهت احراز مقالات پرداخته شد و سپس به طور دقیق، بررسی و مرور مفاهیم و روش‌های موجود انجام شد. تأکید بیشتر نویسنده، بررسی روش‌شناسی مقالات در زمینه برنامه بازآموزی حسی و یافته‌های مربوط بود.

در این مقاله، ضمن بررسی مقالات و منابع مختلف و متعدد به بحث در مواردی چون مروری بر نقشه دست در مغز و مکانیسم پلاستی‌سیتی مغزی پس از آسیب و ترمیم اعصاب محیطی، روش‌های قدیمی و پیشرفته بازآموزی حسی و تکنیک هایی که توانش و قابلیت اجرا در کلینیک‌ها در آینده را دارد، پرداخته می‌شود.

بحث

دست در مغز و پلاستی‌سیتی مغزی

نقشه دست ناحیه وسیعی را در کورتکس به خود اختصاص داده است (۴)؛ در نتیجه تغییر یافتن پیش‌نیازهای درون‌دادهای حسی، پلاستی‌سیتی مغز اجازه تطبیق و تغییر در این نواحی را می‌دهد. سازمان‌دهی مجدد کورتکس حسی توسط نویسندگانی چون Bach-y-Rita در سال ۱۹۹۰، Jenkins و همکاران در سال ۱۹۹۰، Lundborg در سال ۲۰۰۰، همگی به نقل از Bavelier و همکار (۵)، و Buonomano و Merzenich (۶) در سال ۱۹۹۸ بیان شده است. تحقیقات اخیر راجع به تعامل کارکردی نواحی مختلف ارتباطی در کورتکس، نیاز به بررسی مجدد این نواحی را مرتفع می‌سازد (۵). تکنیک‌های ثبت مستقیم سطوح کورتیکال و تکنیک‌های پیشرفته تصویربرداری از مغز نظیر PET (Positron emission tomography)، FMRI (Functional magnetic resonance imaging)، MEG (Magnetic encephalography) و TMS (Transcranial magnetic stimulation) امکان بررسی پردازش لمسی در مغز و پلاستی‌سیتی مغزی را فراهم می‌سازند (۷، ۶). برای درک آگاهانه لمس، تحریکات لمسی به کورتکس حسی- پیکری منتقل شده، در آن جا در مناطق مربوط به خود تفسیر می‌شود (۸). مطالعات انجام شده با PET نشان داده است که ویژگی‌های میکروژئومتری (Micro-geometry) (بافت اشیاء) و ماکروژئومتری (Macro-geometry) (شکل اشیاء) در نواحی مختلف حسی- پیکری (Somatosensory) در کورتکس پردازش می‌شود. به نقل از Parry و همکار (۹)، در سال ۲۰۰۲ Ernst و Banks راهبردی را که مغز، در انتخاب بین ادراک بینایی یا لمسی، در زمان تخمین کیفیت اشیاء به کار می‌برد، توصیف نمودند. Bodegard و همکاران نیز با مطالعاتی که با PET انجام دادند، تنوع و سلسله مراتب پردازش درون‌داد حسی را بیان کردند (۹).

دست با یک زبان جدید با مغز صحبت می‌کند:

پس از ضایعه عصبی و ترمیم عصب، دست با یک زبان جدید با مغز صحبت می‌کند (۱۰-۹). این تشبیه واقعاً به‌جاست، چرا که بازآموزی حسی در دوره‌های بحرانی و سنین خاصی شبیه دوره‌های اکتساب و یادگیری، نظیر یادگیری زبان دوم است.

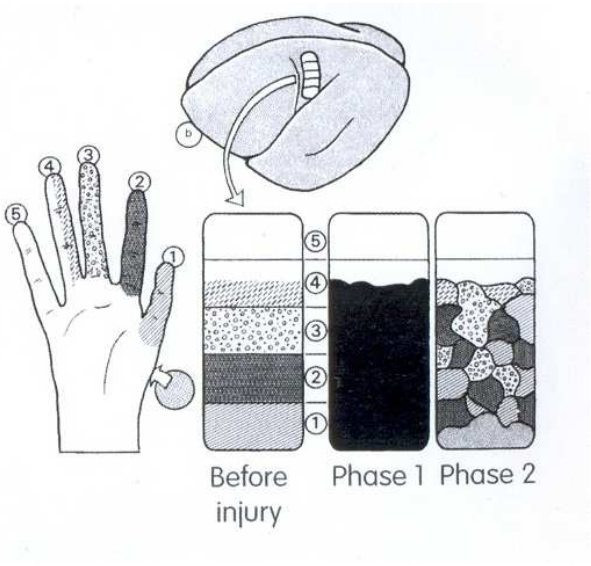
www.mui.ac.ir

پر واضح است که کودکان پس از بریدگی‌ها و ترمیم عصبی، در مقایسه با بزرگ‌سالان به نتایج کارکردی حسی در حد عالی می‌رسند. در بررسی Lundborg و Rosén مشخص شد که پس از سن ۱۰ سالگی، میزان پلاستی‌سیتی مغزی یک شیب ناگهانی پیدا می‌کند (۱۱). یافته‌ها نشان می‌دهد که بهبودی حس پس از ترمیم عصبی، اگر قرار باشد بر پایه پروسه یادگیری صورت گیرد، قابل تشبیه به یادگیری زبان دوم می‌باشد. بهبودی بالای حسی در کودکان، رابطه تنگاتنگی با ظرفیت پلاستی‌سیتی در این افراد و در نتیجه، شدت بالای یادگیری و سهولت در جذب و گرفتن دانش جدید دارد. یک برنامه بازآموزی حسی مطلوب، باید به گونه‌ای باشد که شرایط موجود در مغز جوان را در مغز بزرگ‌سال برقرار سازد و در واقع از دیدگاه یادگیری مجدد حسی، از پلاستی‌سیتی مغز کودکان تقلید نماید؛ به عبارت دیگر، شرایطی در مغز ایجاد کند که مثل مغز کودکان رفتار نماید (۱۱).

چگونه بازآموزی حسی سازمان‌دهی مغز را متأثر می‌سازد:

تجربیات حسی نشان می‌دهد که برنامه بازآموزی حسی می‌تواند کارکردهای ادراکی را بهبود بخشد. سؤال این جاست که آیا بازآموزی می‌تواند سازمان‌بندی به هم ریخته مغز را به یک الگوی هنجار تبدیل سازد؟ و آیا ما مجبوریم تخریب نمایش کورتیکال دائمی دست را بپذیریم و یا این که در کسب پردازش بهتر و ظرفیت ادراکی شبکه‌های حسی در سطوح بالای کورتیکال و تسهیل تفسیر نقشه تخریب‌شده کورتیکال دست بکوشیم؟

تجربیات به‌دست‌آمده از پستانداران نشان می‌دهد که مغز افراد جوان دارای ظرفیت بالای نرمال‌سازی نقشه کورتیکال دست پس از بریدگی و ترمیم عصب در مقایسه با بزرگ‌سالان می‌باشد؛ همچنین مکانیسم‌هایی در مغز در حال رشد وجود دارد که با وجود بودن درون‌دادهای حسی تخریبی، به سمت نرمال‌سازی نقشه توپوگرافیکال در کورتکس حسی- پیکری پیش می‌رود (۱۳، ۱۲). چنین ظرفیت هنجارسازی خودبه‌خودی نقشه کورتیکال دست در مغز بزرگ‌سال وجود ندارد اما در بسیاری از تجربیات کسب شده در پستانداران، بهبودی درکی در نتیجه انجام برنامه بازآموزی گزارش شده است (۱۴). بر پایه همین یافته‌ها منطقی به نظر می‌رسد برنامه‌های بازآموزی (یادگیری) حسی باعث تهذیب مناطق گیرنده کورتیکال با ثبات بالای حسی و دقت لمس بهبود یافته در دست شود و همچنین با وجود تخریب نقشه کورتیکال اصلی دست، که ممکن است قابل برگشت نباشد، به سمت نرمال‌سازی نمایش تخریب شده کورتیکال دست متمایل گردد (شکل ۱ و ۲).

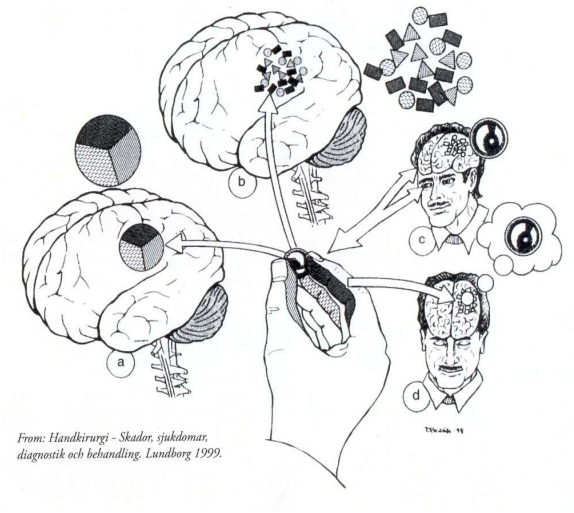


شکل ۱. مراحل ایجاد "چاله سیاه" در کورتکس حسی- پیکری پس از بریدگی عصب

روش‌های پیشرفته بازآموزی حسی:

پیشرفت‌های اخیر در زمینه علوم اعصاب و شناختی، دیدگاه‌ها و امکانات جدیدی را در زمینه آینده بهبودی حسی پس از ترمیم عصب محیطی در اختیار قرار داده است (۱۵). آن چه در ادامه می‌آید، مرور برخی روش‌های جدید بازآموزی حسی می‌باشد و همگی از این توانش برخوردارند که در آینده اهیمت بالینی یابند.

www.mui.ac.ir



شکل ۲. نحوه اثر برنامه‌های بازآموزی (یادگیری) حسی بر مناطق کورتیکال و میل به سمت نرمال‌سازی نمایش تخریب شده کورتیکال دست

شروع و زمان بازآموزی حسی، یک فاکتور بسیار مهم:

در روش بازآموزی قدیمی، در طی ماه‌های اولیه پس از ترمیم عصب و زمانی‌که دست فاقد عصب‌گیری (Denervated) می‌باشد و مغز درون‌دادی از این دست دریافت نمی‌دارد، کاری انجام نمی‌شود. زمان شروع بازآموزی به روش قدیمی وقتی است که مقداری درک حس لمس به ناحیه انتهایی کف دست رسیده باشد (در حدود ۳ ماه پس از ترمیم عصب مدیان در سطح مچ). طبق نظر Dellon برنامه بازآموزی حسی زمانی آغاز می‌شود، که حس ارتعاش ۳۰ cps در ناحیه مورد نظر درک شود و مقداری درک لمس متحرک در ناحیه فوقانی‌تر مشاهده گردد (۱۶). طبق نظر Wynn-Parry و Salter در سال ۱۹۷۶، به نقل از Bjorkman و همکاران (۱۷)، آموزش زمانی باید آغاز گردد که مقداری حس در نوک انگشتان وجود داشته باشد. طبق این نظر، به مدت چندین ماه، دست بی‌حس و نواحی مربوط در کورتکس حسی-پیکری، از نظر یادگیری مجدد حسی بدون توجه رها می‌شوند (۱۷).

پس از بریدگی عصب، بلافاصله پس از دقایقی یک "چاله سیاه" در کورتکس حسی- پیکری مربوط به ناحیه فاقد عصب‌گیری ایجاد می‌شود (شکل ۱). این نواحی کورتیکال بلافاصله توسط مناطق مجاور اشغال می‌گردند. این گونه رخدادهای سازمان‌دهی مجدد کورتیکال، در یک دوره زمانی کوتاه و خیلی پیشتر از شروع عصب‌گیری مجدد (Regeneration) آکسون‌ها اتفاق می‌افتد. بنابراین زمان شروع بازآموزی حسی، بسیار حیاتی است. در روش جدید بازآموزی حسی، دو فاز زودهنگام پس از جراحی (قبل از این که عصب‌گیری مجدد در دست وجود داشته باشد) و فاز دیرهنگام پس از جراحی (زمانی که عصب‌گیری مجدد در دست اتفاق افتاده است) در نظر گرفته می‌شود. دلایل قانع کننده‌ای برای استفاده از روش‌های مختلف در این دو فاز و همچنین مدارک محکمی برای شروع فاز اولیه بلافاصله یک روز پس از جراحی وجود دارد (۱۲).

فاز زودهنگام پس از جراحی:

استفاده از میان‌بر حسی، به‌وسیله حس ساختگی: در فاز اولیه پس از جراحی، مکانورسپتورهای دست مثل کورتکس مغز از نظر کارکردی سالم می‌باشند ولی سیستم ارتباط دهنده این دو یعنی اعصاب محیطی ویژگی کارکردی خود را از دست داده‌اند. تمامی تلاش روش جدید، میان‌بر زدن از دست به مغز به وسیله یک حس ساختگی، با هدف پیش‌گیری از انتقال درون‌دادهای تغییر یافته از دست به مغز می‌باشد (۱۵). این روش، ظرفیت چندبعدی (Multi-Modal) مغز را به‌کار می‌گیرد و یک مدالیته حسی را جایگزین مدالیته حسی دیگر می‌کند تا جبران حس از دست رفته را نماید. حس لمس و حس شنوایی در ارتباط نزدیک با هم هستند و در تجربیات درکی مشابه و در شرایط تحریکات ارتعاشی با هم تعامل دارند. ظرفیت قابل ملاحظه و جالب حس شنوایی در تمایز الگوهای پیچیده فرکانس‌های صوتی، نشان دهنده قابلیت جایگزینی این حس با حس لمس یا سیگنال‌های ارتعاشی- لمسی ناشی از لمس فعال اشیاء می‌باشد. به عبارت دیگر، صدای اصطکاک در هر نوع بافت، مخصوص به خود است. این سیگنال‌ها به سیگنال‌های شنوایی- ارتعاشی تبدیل می‌شوند. در واقع بیمار به صدای آنچه لمس می‌کند گوش می‌دهد (۱).

با توجه به دلائلی که ذکر شد، برخی محققان به بررسی

www.mui.ac.ir

این مفاهیم نظری در قالب پروتکل‌های درمانی در کلینیک‌ها پرداختند. به تازگی روشی توسط Lundborg و Rosén ارائه شده است (۱۱) که قابل اجرا در کلینیک‌ها می‌باشد. این سیستم، سیگنال‌های شنوایی را از میکروفون‌های متصل شده به نوک انگشتان منتقل می‌کند (شکل ۳). با استفاده از این اصل، کورتکس حسی- پیکری بلافاصله پس از قطع و ترمیم عصب از طریق درون‌دادهای حاصل از یک مدالیته حسی جایگزین تغذیه می‌شود. مطالعات اخیر انجام شده با FMRI نشان داده است که اطلاعات حسی نه تنها به کورتکس شنوایی می‌رسد، بلکه به خاطر ظرفیت چندبعدی مغز به ناحیه حسی- پیکری نیز خواهد رسید (۱۷، ۱۶). هدف، تغذیه کورتکس حسی- پیکری از طریق جریان حسی جانشین و حفاظت از نقشه کورتیکال دست به منظور تسهیل روند بهبودی حسی می‌باشد (۱۵).

شکل ۳. Sensor Glove System: این سیستم شامل سه قسمت می‌باشد: ۱- دستکش؛ ۲- میکروفون‌های کوچک که بر روی انگشتان دستکش متصل می‌گردد (در صورتی که دست بیمار پانسمان یا گچ داشته باشد، از تیوپ‌های انگشتی Silipos استفاده می‌شود)؛ ۳- هدفون برای شنیدن صدای اشیای لمس شده

در تأیید این روش، در سال ۱۳۸۵ نویسنده پژوهش حاضر و همکاران، به بررسی تأثیر استفاده از دستگاه "Audiovisual Tactile" بر روی بهبودی حسی پس از ترمیم عصب اولنار پرداختند (۱۸). این دستگاه که برای اولین بار در ایران توسط نویسنده پژوهش حاضر و به منظور این تحقیق طراحی شد، از ۴ قسمت تشکیل شده بود: ۱- یک صفحه که ۱۰ قسمت از جنس‌های مختلف برای لمس کردن با انگشتان دارد و جنس‌ها به ترتیب از نرم‌ترین نوع تا زبرترین درجه‌بندی شده است. ۲-سنسورها یا صفحات پیزوالکتریک: این قسمت اصلی‌ترین بخش دستگاه است که اصطکاک حاصل از لمس کردن را به سیگنال‌های شنوایی تبدیل می‌نماید. صداهای تولید شده، متناسب با جنس اشیاء، متفاوت است. صفحات پیزوالکتریک انواع مختلفی دارد و برخی صفحات (یک نوع سرامیک) تحت فشار (لمس کردن) الکترون تولید می‌کنند؛ در اینجا با استفاده از این ویژگی، اصطکاک حاصل از لمس تبدیل به سیگنال‌های شنوایی می‌شود. ۳-هدفون که صدای ایجاد شده توسط آن قابل شنیدن می‌باشد. ۴- آداپتور که منبع تغذیه دستگاه است.

در این مطالعه، از توانایی مغز در تعامل حس لمس و شنوایی استفاده گردید؛ به طوری که اطلاعات شنوایی جایگزین حس لمس از دست رفته شد. همچنین از تغذیه کورتکس حسی- پیکری از طریق جریان حسی جانشین و حفاظت از نقشه کورتیکال دست به منظور تسهیل روند بهبودی حسی استفاده شد، که این مسأله به نوبه خود روند بهبودی حس کارکردی یا اگنوزی لمسی را تسهیل نمود. نتایج حاکی از بهبود حس دست در بیماری که تحت درمان حس ساختگی قرار گرفت، نسبت به بیمار دیگر بود (۱۸).

علاوه بر آن، می‌توان در فاز زود هنگام پس از جراحی از تکنیک مشاهده دستی که در حال لمس شدن است، نیز استفاده نمود. مطالعات انجام شده توسط Hanson و همکاران نشان داد که تماشای لمس دست آسیب‌دیده (که در حال لمس شدن می‌باشد) موجب فعال شدن نواحی مربوط در کورتکس حسی- پیکری می‌شود. تأثیر این تکنیک را می‌توان با قرار دادن یک آینه در مقابل دست سالم و بین دست سالم و آسیب دیده (دست آسیب دیده پشت آینه قرار می‌گیرد) مشاهده نمود (شکل ۴). حرکات اکتیو در دست سالم در مقابل آینه، توهمی از حرکت در دست آسیب دیده به

www.mui.ac.ir

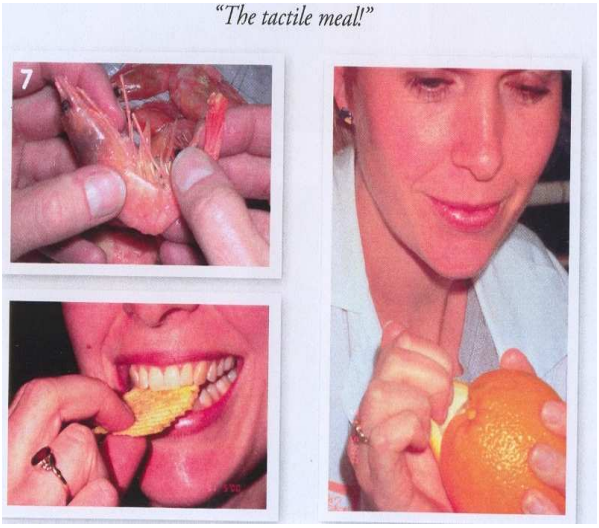
فرد می‌دهد. به علاوه لمس دست سالم نیز توهمی از درک تحریک لمسی به دست آسیب دیده به وجود می‌آورد (۱۹).

شکل ۴. مشاهده تأثیر تکنیک بازآموزی حسی با استفاده از آینه

فاز تأخیری پس از جراحی، رویکرد چندبعدی:

رویکرد چندبعدی به روش طبیعی گفته می‌شود که به طور همزمان، حداکثر حس‌های ممکن در غیاب یک حس یا کاهش آن و به منظور کسب مجدد کارکرد از دست رفته، به‌کار گرفته می‌شود. جریان کلی ایمپالس‌های صادره از حس‌ها تعداد سلول‌های عصبی فعال شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به علاوه، درک کامل از جهان اطراف نیازمند همکاری حس‌ها با هم خواهد بود (۸، ۷). سیستم عصبی مرکزی قادر به یک‌پارچه ساختن مدالیته حسی مختلف می‌باشد. طبق نظریه متداول یک‌پارچه‌سازی حسی (Sensory Integration) (۲۰) مغز به درون‌دادهای ترکیبی از چند منبع (از یک شیء یا محیط) معنی می‌بخشد و بعدها که فرد در معرض هر کدام از این درون‌دادهای مرتبط قرار می‌گیرد، مجموعه اطلاعات کلی بار دیگر تجربه می‌شود؛ به عنوان مثال، با دیدن پرتغال تجربیات حسی فرد در مورد سایر خصوصیات پرتغال مثل بو و طعم و بافت برای وی تداعی خواهد شد (۲۱).

بنابراین می‌توان از این اصل در بازآموزی حسی استفاده نمود؛ به طوری که آموزش لمس نه تنها باید با کمک حس بینایی (به عنوان راهنما) همراه شود، بلکه استفاده همزمان از حس بینایی، بویایی، چشایی و شنوایی روش کارآمدی به حساب خواهد آمد. به عنوان نمونه، دقت در خصوصیات غذا، بافت، صدا، طعم و مزه و بویایی اهمیت می‌یابد؛ به عبارت دیگر از بیمار خواسته می‌شود زمانی که پرتغال را پوست می‌گیرد، به تمامی این خصوصیات توجه نماید؛ چرا که همگی این ویژگی‌ها ابزار مناسبی برای آموزش حس لمس می‌باشند. این همان مفهوم "Tactile meals" (وعده لمسی) است (۱۵) (شکل ۵).



شکل ۵. استفاده همزمان از حس بینایی، بویایی، چشایی و شنوایی در بازآموزی حسی

آموزش دوطرفه:

در روش بازآموزی حسی به روش قدیمی، بازآموزی فقط بر روی دست آسیب‌دیده انجام می‌شود؛ ولی پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که تحریک لمسی دوطرفه (هم سمت سالم و هم سمت آسیب‌دیده) تأثیرات مثبتی بر زیر لایه‌های مغزی در پروسه بازآموزی حسی دارد (۱۵). درون‌دادهای حسی موجب فعال شدن سطح وسیعی از کورتکس حسی-پیکری سمت مقابل و به میزان کمتر در کورتکس همان طرف می‌شود (۱۹).

www.mui.ac.ir

Coactivation and Cortical Induction:

تحریکات لمسی همزمان مناطق گیرنده (Receptive field) مجاور نوک (Pulp) یک انگشت، که به آن "فعال سازی همزمان"نیز می‌گویند، به مدت ۲ تا ۳ ساعت باعث بسط یافتن موقت نواحی نماینده کورتیکال انگشت مربوط همراه با بهبودی گذرا در ظرفیت تمایز لمسی خواهد شد (۲۲، ۲۳).

اصل تئوری این مفهوم، فعال‌سازی همزمان تعداد وسیعی از مناطق گیرنده به‌روش "هبی" (Hebbian) به منظور تقویت ارتباط دوطرفه این مناطق است. تئوری Hebbian، در سال ۱۹۴۹ توسط Donald Hebb شرح داده شد و نام‌های دیگر آن عبارت از قانون Hebb، فرضیه Hebb و تئوری جفت شدن سلولی می‌باشد. Hebb بیان کرد که تحریک تکرار شونده و مداوم سلول‌های پیش‌سیناپسی موجب افزایش فعالیت سلول‌های پس‌سیناپسی خواهد شد. در واقع، مداومت و تکرار تحریکات، فعالیت هر دو گروه سلول‌های پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی را افزایش می‌دهد (۲۳).

این که آیا در یک عصب آسیب‌دیده نیز می‌توان به نتیجه مشابهی دست یافت، مشخص نیست. به طور نظری، تحریک لمسی همزمان دو ناحیه مجزا از مناطق گیرنده مجاور، در روی پوست ناحیه‌ای که عصب‌گیری مجدد آکسونی مسیر درستی را طی نکرده است، می‌تواند تأثیرات مثبتی بر روی نمایش کورتیکال ناحیه عصب‌دهی مجدد (از طریق Cortical Induction) داشته باشد. این تکنیک بر اساس توانایی کورتکس حسی در وسعت بخشیدن به ناحیه نماینده بخشی از پوست است که تحت تحریکات تکرار شونده در آن قرار گرفته است (۸) و همراه با توانایی افتراق بین نمایش تغییر یافته دو تحریک متفاوت می‌باشد.

از طریق تحریک همزمان دو نقطه که در دو طرف مرز بین ناحیه سالم و آسیب دیده نمایش کورتیکال قرار دارند، نواحی سالم توسعه یافته، به سمت قسمت تخریب شده پیش می‌رود که در نتیجه ناحیه ناسالم کوچک‌تر خواهد شد. این فرایند تا زمانی‌که بیمار قادر به تشخیص دو نقطه از یکدیگر نباشد، ادامه می‌یابد تا دو نقطه جدا از یک ناحیه مشخص در کورتکس حسی- پیکری نواحی جداگانه تشکیل دهد.

آوران‌زدایی انتخابی موقت

Werhahn توضیحاتی راجع به سازمان‌دهی مجدد کورتیکال در اثر آوران‌زدایی از یک دست، با استفاده از بلوک ایسکمیک که بسیار سریع اتفاق می‌افتد، ارایه نموده است. زمانی‌که بی‌حسی ایسکمیک به طور تجربی توسط بستن تورنیکه دور ساعد در یک دست ایجاد شد، بهبودی دقت لمس فضایی (Spatial acuity) در دست سمت مقابل مشاهده گردید؛ احتمال دارد این پیشامد بر پایه سازمان‌دهی مجدد بسیار سریع سیناپتیک، که رفتاری جبرانی است، رخ داده باشد (۲۴). یکی از دلایل توجیهی آن است که مسیرهای عصبی مهار شده که در حالت هنجار بین دو نیم‌کره وجود دارد، از طریق بلوک ایسکمیک نقاب‌برداری (Unmask) می‌شود؛ به طوری که یک سمت، غالب می‌گردد.

نمایش کورتیکال (Cortical representation) بخش‌های بدن در پاسخ به تحریکات محیطی، پیوسته در حال تغییر است. ضایعه اعصاب مدیان و یا اولنار منجر به سازمان‌دهی دوطرفه کورتیکال و توسعه نواحی مجاور با مناطق آسیب دیده‌ای می‌شود که از نظر عملکرد سالم باشد (۱۷). در طی فاز Regeneration و Reinnervation بعد از ترمیم عصب، عصب آسیب دیده به تدریج سعی در مرمت و اصلاح Remodeling ناحیه کورتیکال اصلی Original خود می‌کند ولی به علت انحراف آکسون از مسیر اولیه، بر حسب عصب آسیب‌دیده یک ناحیه هدف جدید و تغییر یافته از نمایش کورتیکال ایجاد می‌شود. بدین ترتیب، ایجاد تغییرات در نقشه کورتیکال و مشکلات منتج از آن در مغز در پردازش و تفسیر سیگنال‌های ورودی از محیط (اعصاب محیطی) یک دلیل عمده برای کسب نتایج ضعیف پس از ترمیم عصب می‌باشد (۲۵، ۱۵).

آوران‌زدایی تجربی دست در نتیجه بی‌حسی ناشی از تورنیکه، باعث بهبودی کارکرد دست سمت مقابل هم در

www.mui.ac.ir

افراد سالم و هم ضایعات اعصاب محیطی می‌گردد. آوران‌زدایی لحظه‌ای در ناحیه قدامی ساعد سمت راست باعث بهبود کارکرد حسی دست سمت مقابل می‌شود. این یافته برعکس تأثیر بی‌حسی توسط پماد EMLA، بر روی کارکرد حسی دست در همان سمت می‌باشد؛ مکانیسم‌های فیزیولوژیک بیان کننده این تفاوت مشخص نیست. یک تفسیر می‌تواند این باشد که وقتی از پماد بی‌حسی استفاده می‌شود، ناحیه محدودی از ساعد بی‌حس می‌شود و این منطقه کوچک برای ایجاد سازمان‌دهی مجدد کورتیکال (Cortical reorganization) در سمت مجاور کافی نیست ولی در تورنیکه ناحیه بی‌حسی، کل ساعد است (۱۷).

بی‌حسی حاصل از تورنیکه، نه تنها باعث فقدان حس لمس می‌شود بلکه حس عمقی را نیز از بین برده، موجب فلج (Paresis) حرکتی در دست بی‌حس شده می‌گردد. به خاطر دردناک بودن تورنیکه، بیمار مشارکت و آموزش فعالانه در درمان نخواهد داشت. این عوارض، استفاده از روش پیش‌گفته را در کلینیک‌ها دشوار می‌سازد. استفاده از پماد EMLA بسیار کاربردی‌تر است. در مراکز درمانی و کلینیک‌ها، روش بی‌حسی انتخابی قسمت قدامی یا فلکسور (Flexor) ساعد به آسانی انجام می‌شود و حتی توسط خود بیمار نیز قابل انجام است. یک مزیت دیگر این است که عملکرد حرکتی دست را مختل نمی‌کند و همچنین به علت این که بیمار قادر به استفاده از دست بی‌حس‌شده می‌باشد، بازآموزی حسی و حرکتی، هر دو به طور یک‌پارچه انجام می‌شود. تکرار کردن بی‌حسی ناحیه ساعد، از نظر تئوری، ناحیه کورتیکال بزرگ‌تری را برای دست آسیب‌دیده در مغز حفظ می‌کند و این به نوبه خود ظرفیت مغز را برای تفسیر سیگنال‌های (Signal) صادره از جانب عصب آسیب‌دیده افزایش می‌دهد؛ در نتیجه، دستیابی به نتایج بهتر تسهیل می‌شود و این نتایج مدت‌زمان بیشتری حفظ خواهد شد.

بلوک‌های بی‌حسی موضعی در انسان‌ها به سرعت موجب سازمان‌دهی مجدد نقشه‌های کورتیکال می‌گردد. این مسأله در مطالعه‌ای که بر روی پتانسیل‌های فراخوانده حسی- پیکری (Somatosensory evoked potential SSEP) با تحریکات الکتریکی بر روی عصب مدیان، پس از بلوک‌های عصب اولنار (که در مجاور مدیان قرار دارد) انجام شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. در عرض ۳۰- ۱۰ دقیقه پس از بی‌حسی، پتانسیل‌های فراخوانده حسی- پیکری نسبت به درون‌دادهای وارده به عصب مدیان افزایش یافت (۲۶).

مطالعات نشان دادند که آوران‌زدایی لحظه‌ای در یک اندام می‌تواند موجب بهبود کارکرد حسی نواحی بی‌حس نشده از همان اندام گردد (۲۷). نواحی کورتیکال مجاور به ناحیه بی‌حس شده، قسمت‌های آوران‌زدایی‌شده را اشغال می‌کند (۲۹، ۲۸).

در سال ۱۳۸۶، مقاله حاضر به بررسی تأثیر آوران‌زدایی در ناحیه ساعد بر روی کارکرد حسی دست، همراه با انجام بازآموزی حسی در ضایعات اعصاب مدیان یا اولنار سطح مچ پرداختند. در این پژوهش، از پماد لیدوکائین P (به عنوان یک ماده بی‌حسی موضعی) و یک دارونما (Placebo) استفاده شد. این پمادها ۲ بار در هفته و در یک دوره ۲ هفته‌ای، در ترکیب با برنامه بازآموزی حسی به کار برده شد. نتایج نشان داد که بی‌حسی موضعی ناحیه ساعد آسیب دیده در ترکیب با بازآموزی حسی می‌تواند نتایج حسی را پس از ترمیم عصب ارتقا دهد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که بهبودی مشاهده شده در کارکرد حسی، که در اثر بی‌حسی موضعی (جلدی) ایجاد می‌شود، بر اساس سازمان‌دهی مجدد فانکشنال در سیستم عصبی مرکزی می‌باشد. این روش، یک روش جدید و مفهوم پایه‌ای است که می‌تواند تأثیرات برنامه‌های بازآموزی حسی را ارتقا دهد؛ جالب این که تأثیرات ایجاد شده، می‌تواند طولانی مدت باشد (۳۱-۲۹).

تأثیرات محیطی بر روی یادگیری

یک محیط غنی برای تسهیل یادگیری در بازآموزی حسی مهم و اساسی می‌باشد. از میان فاکتورهای مهم و مثبت محیطی می‌توان به مواردی چون توجه، تشویق، لذت و موسیقی اشاره نمود.

در مطالعات اثبات شده است که اگر یادگیری در یک

www.mui.ac.ir

محیط غنی صورت بگیرد، موجب شکل‌گیری سیناپس‌های جدید می‌گردد. عواملی از قبیل محیط محرک، فعالیت‌های معنی‌دار و تشویق، تأثیر مستقیم و مثبتی در قالب‌ریزی سیناپس‌های مغزی دارد (۳۳، ۳۲).

بحث‌های فراوانی در زمینه تأثیرات موسیقی بر روی فعالیت مغز انجام شده است (۳۴). موسیقی هم‌صدا (Consonant) حتی با وجود سادگی، محرک‌ترین نوع موسیقی برای مغز می‌باشد؛ به این نوع تأثیر در اصطلاح «اثر موزارت (Mozart Effect)» گفته می‌شود. دیده شده است که نتایج تست‌های منطق فضایی در دانش‌آموزانی که جلسات یادگیری‌شان همراه با گوش دادن به قطعه آهنگ پیانوی موزارت بوده، نسبت به سایر دانش‌آموزان به مراتب بیشتر است. از نظر Campbell، به منظور ایجاد یک محیط محرک و کمک کننده در حین یادگیری، می‌توان از موسیقی دلخواه بیمار و یا شاید جاز، جدای از آشفتگی و بی‌نظمی موجود در آن، سود جست. به گفته وی، این نوع موسیقی مانند ویتامینی برای مغز می‌باشد و می‌تواند در بازآموزی حسی مفید باشد. در مورد این که آیا موسیقی می‌تواند بازآموزی حسی را ارتقا دهد و این که چه نوع موسیقی مفیدترین خواهد بود، باید تحقیقات بیشتری انجام شود (۳۴).

مداخلات دارویی

بنا بر تحقیقات انجام شده می‌توان ادعا نمود که در آینده‌ای نزدیک، به منظور تسهیل و پیشرفت میزان و سرعت سازمان‌دهی کورتیکال کاربرد «داروهای اسمارت (Smart Drug)» بر روی گیرنده‌های کولینرژیک می‌تواند یک نقش بالقوه در پیشرفت سازمان‌دهی مجدد کورتیکال پس از رنرواسیون داشته باشد (۳۵).

سازمان‌دهی مجدد نقشه‌های حسی- پیکری به طور بالقوه می‌تواند با استفاده از عوامل دارویی، که موجب افزایش پلاستی‌سیتی کورتکس حسی می‌شوند، تسریع گردد. در مطالعات حیوانی، افزایش سطح استیل‌کولین در کورتکس حسی، با افزایش میزان پلاستی‌سیتی کورتیکال همراه بوده است (۳۶، ۳۵).

پیشنهاد شده است که سیستم کولینرژیک پایه (قاعده‌ای) مغز قدامی یک نقش مهم در یادگیری از طریق عمل بر گیرنده‌های موسکارینی (بروز اثرات کولینرژیک موسکارین روی ایمپالس‌های عصبی پاراسمپاتیک پس‌سیناپسی) به منظور افزایش پلاستی‌سیتی کورتکس دارد (۳۵). مطابق با این نظریه، مطالعات دیگری نیز حاکی از آن است که تحریک زوج هسته‌های قاعده‌ای (Basal Nucleus) با آهنگ موجب سازمان‌دهی مجدد نقشه‌های کورتیکال نواحی مجاور می‌شود (۳۹). یک تأثیر مشابه بر روی پلاستی‌سیتی مناطق گیرنده، از طریق به کار گیری آگونیست‌های کولینرژیک نظیر استیل-بتا-متاکولین (Acetyl-Beta-Methacholine) می‌باشد (۳۶). آگونیست‌های کولینرژیک مانند Charbacol نیز در زمینه ارتقای میزان یادگیری مؤثر می‌باشد؛ البته استفاده از مهار کننده‌های کولین‌استراز نظیر Physostigmine که تأثیر به‌سزایی روی حافظه و یادگیری نیز دارند، کاربردی‌تر است (۳۸). به کار گیری چنین داروهایی بر روی کورتکس حسی- پیکری تأثیری مشابه خواهد داشت؛ این تأثیر از طریق فعال‌سازی هسته‌های قاعده‌ای، مانند آن چه در یادگیری طبیعی اتفاق می‌افتد، می‌باشد (۳۹).

در صورتی که بتوان این مبانی را در تلفیق با روش‌های پیشرفته بازآموزی حسی به کار برد، به نتایج کارکردی قابل توجهی به دنبال ترمیم اعصاب محیطی می‌توان دست یافت.

References

1. Katz D, Krueger LE. The world of touch. London: L. Erlbaum; 1989.
2. Gibson JJ. Observations on active touch. Psychol Rev 1962; 69: 477-91.
3. Moberg E. Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand. J Bone Joint Surg Br 1958; 40-B(3): 454-76.
4. Penfield W, Boldrey E. Somatic motor and sensory representations in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. Brain 1937; 60(4): 389-443.

www.mui.ac.ir

5. Bavelier D, Neville HJ. Cross-modal plasticity: where and how? Nat Rev Neurosci 2002; 3(6): 443-52.
6. Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: from synapses to maps. Annu Rev Neurosci 1998; 21: 149-86.
7. Bodegard A, Geyer S, Grefkes C, Zilles K, Roland PE. Hierarchical processing of tactile shape in the human brain. Neuron 2001; 31(2): 317-28.
8. Merzenich MM, Jenkins WM. Reorganization of cortical representations of the hand following alterations of skin inputs induced by nerve injury, skin island transfers, and experience. J Hand Ther 1993; 6(2): 89-104.
9. Parry CB, Salter M. Sensory re-education after median nerve lesions. Hand 1976; 8(3): 250-7.
10. Dellon AL, Curtis RM, Edgerton MT. Reeducation of sensation in the hand after nerve injury and repair. Plast Reconstr Surg 1974; 53(3): 297-305.
11. Lundborg G, Rosén B. Sensory relearning after nerve repair. The Lancet 2001; 358(9284): 809-10.
12. Florence SL, Garraghty PE, Wall JT, Kaas JH. Sensory afferent projections and area 3b somatotopy following median nerve cut and repair in macaque monkeys. Cereb Cortex 1994;4(4): 391-407.
13. Florence SL, Jain N, Pospichal MW, Beck PD, Sly DL, Kaas JH. Central reorganization of sensory pathways following peripheral nerve regeneration in fetal monkeys. Nature 1996; 381(6577): 69-71.
14. Florence SL, Boydston LA, Hackett TA, Lachoff HT, Strata F, Niblock MM. Sensory enrichment after peripheral nerve injury restores cortical, not thalamic, receptive field organization. Eur J Neurosci 2001; 13(9): 1755-66.
15. Rosen B, Balkenius C, Lundborg G. Sensory re-education today and tomorrow. Review of evolving concepts. British Journal of Hand Therapy 2003; 8(2): 48-56.
16. Dellon AL. Evaluation of sensibility and re-education of sensation in the hand. New York: Williams & Wilkins; 1981.
17. Bjorkman A, Rosen B, van Westen D, Larsson EM, Lundborg G. Acute improvement of contralateral hand function after deafferentation. Neuroreport 2004; 15(12): 1861-5.
18. HassanZadeh R, Roofigari A, Azad A, Lajavardi L, Kaihani M. The Effect Of Use Of The Audiovisual Tactile On Sensory Recovery Following Ulnar Nerve Repair. Jounrnal of Rehabilitation 2008; 9(1).
19. Hansson T, Brismar T. Tactile stimulation of the hand causes bilateral cortical activation: a functional magnetic resonance study in humans. Neurosci Lett 1999; 271(1): 29-32.
20. Fischer AG, Murray EA. Introduction to sensory integration theory. In: Fisher AG, Murray EA, Bundy AC, editors. Sensory integration: theory and practice. Philadelphia: F.A. Davis; 1991. p. 526-36.
21. Ayres AJ. Sensory integration and learning disorders. Los Angeles: Western Psychological Services; 1972.
22. Dinse H, Deusch H. Sepsis following autologous blood transfusion. Anaesthesist 1996; 45(5): 460-3.
23. Pleger B, Dinse HR, Ragert P, Schwenkreis P, Malin JP, Tegenthoff M. Shifts in cortical representations predict human discrimination improvement. Proc Natl Acad Sci U S A 2001; 98(21): 12255-60.
24. Werhahn KJ, Mortensen J, Van Boven RW, Zeuner KE, Cohen LG. Enhanced tactile spatial acuity and cortical processing during acute hand deafferentation. Nat Neurosci 2002; 5(10): 936-8.
25. Lundborg G. Nerve injury and repair: regeneration, reconstruction, and cortical remodeling. Philadelphia: Elsevier/Churchill Livingstone; 2005.
26. Rossini PM, Martino G, Narici L, Pasquarelli A, Peresson M, Pizzella V, et al. Short-term brain 'plasticity' in humans: transient finger representation changes in sensory cortex somatotopy following ischemic anesthesia. Brain Res 1994; 642(1-2): 169-77.
27. Bjorkman A, Rosen B, Lundborg G. Acute improvement of hand sensibility after selective ipsilateral cutaneous forearm anaesthesia. Eur J Neurosci 2004; 20(10): 2733-6.
28. Rosen B, Bjorkman A, Lundborg G. Improved sensory relearning after nerve repair induced by selective temporary anaesthesia- a new concept in hand rehabilitation. Journal of Hand Surgery 2005; 31(2): 126-32.

www.mui.ac.ir

29. Hassan- Zadeh R ,lajevardi l, Roofigari A, Kaihani M. The Effect Of Selective Temporary Anaesthesia In Combination With Sensory Re-education On Improvement Of Hand Sensibility after Median and Ulnar Nerve Repair. Jounrnal of Rehabilitation Sciences 2007; 2(1): 23-30.

30. Hassan- Zadeh R, lajevardi l, Roofigari A, Keihani M. The Effect Of Selective Temporary Anaesthesia In Combination With Sensory Re-education On SWMs and TPD results after Median and Ulnar Nerve Repair. Journal of Research in Rehabilitation Science 2008; 9: 37-42.

31. Hassan-Zadeh R, Lajevardi L, Esfahani AR, Kamali M. Improvement of hand sensibility after selective temporary anaesthesia in combination with sensory re-education. NeuroRehabilitation 2009; 24(4): 383-6.

32. Hassan-Zadeh R, Mahmoudaliloo M, Bakhshipour A, Roofigari AR, Zadeh HS. The effect of the audio-visual-tactile system on sensory recovery following ulnar nerve repair: a case report. NeuroRehabilitation 2010; 26(2): 123-6.

33. Johansson BB. Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis Lecture. Stroke 2000; 31(1): 223- 30.

34. Campbell DG. The Mozart effect: using the power of music to heal the body, strengthen the mind and unlock the creative spirit. New York: Hodder Headline Australia; 1997.

35. Elbert T, Flor H, Birbaumer N, Knecht S, Hampson S, Larbig W, et al. Extensive reorganization of the somatosensory cortex in adult humans after nervous system injury. Neuroreport 1994; 5(18): 2593-7.

36. Kilgard MP, Merzenich MM. Cortical map reorganization enabled by nucleus basalis activity. Science 1998; 279(5357): 1714-8.

37. McKenna TM, Ashe JH, Weinberger NM. Cholinergic modulation of frequency receptive fields in auditory cortex: I. Frequency-specific effects of muscarinic agonists. Synapse 1989; 4(1): 30-43.

38. Bjordahl TS, Dimyan MA, Weinberger NM. Induction of long-term receptive field plasticity in the auditory cortex of the waking guinea pig by stimulation of the nucleus basalis. Behav Neurosci 1998; 112(3): 467-79.

39. Mohammed AH. Effects of cholinesterase inhibitors on learning and memory in rats: a brief review with special reference to THA. Acta Neurol Scand Suppl 1993; 149: 13-5.

www.mui.ac.ir

Sensory re-education methods after peripheral nerve repair in upper extremity: a review article

Hassanzadeh R, MahmoudAliloo M[1], Bakhshipour A[1], Roofigari AR[2]*

Received date: 30/12/2009
Accept date: 24/05/2010

Abstract

Introduction: Following surgical repair of major nerve trunks there is a rapid functional reorganization in the brain which is characterized by a change in cortical mapping of the hand due to the incorrect reinnervation of peripheral targets. Sensory re-educational programs are used in the rehabilitation phase to facilitate and positively influence the re-learning process. This process is required to make possible an adaptation to the new synaptic organization and to improve the recovery of functional sensibility known as "tactile gnosis". However, the outcome of such programs is often disappointing, especially in adults. The design of sensory re-education programs has not changed for several decades.

Materials and Methods: For the current research, studies were initially identified from such resources as Google, Science Direct, and Ovid and then systematically reviewed. For obtaining some of the studies reviewed here, correspondence with the author(s) was done.

Conclusion: The purposes of this paper were to review evolving concepts in neuroscience and cognitive science, to present a rationale for a modified approach to classic sensory re-education, and to suggest new strategies for enhanced sensory re-learning following nerve repair.

Keywords: Sensory re-education, Classic strategies, New strategies, Neuroscience and cognitive science.

* PhD Student of Cognitive Neuroscience, School of Psychology and Educational Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Email: rosin_56@yahoo.com
1- Associate Professor, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Fellowship of Hand and Peripheral Nerve Corrective Surgery, Associate Professor, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.

www.mui.ac.ir