

Case Report

Effect of vestibulo-proprioceptive stimulations in a child with agenesis of the corpus callosum

Hamid Dalvand¹, Leila Dehghan¹, Dr Hossein Bagheri²

¹- Department of Occupationaltherapy, Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Iran

²- Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Iran

Received: 20 January 2009, accepted: 16 June 2009.

Abstract

Background and Aim: The purpose of the present study was to investigate the effect of vestibulo-proprioceptive stimulations of sensory integration theory on the development of gross and fine motor, language and personal-social functions in a child with agenesis of the corpus callosum.

Case: We report a 10.5 month old boy with agenesis of the corpus callosum. The intervention was administered based on sensory integration theory an hour a week for 20 weeks. The exercise intervention consisted of proprioceptive and linear, sustained and low frequency vestibular stimulations on suspension device and physio roll. A Denver Developmental Screening- II and milestones skill testing was completed pre-intervention and monthly. Post-intervention, age of gross motor, fine motor adaptive, language, and personal-social functions significantly improved. Based on milestones skills, maintenance of gross motor functions (e.g. sitting and quadruped position) improved. The child could roll from side to side and released objects voluntarily. The reaction time to auditory stimulations became less than 2 seconds.

Conclusion: vestibulo-proprioceptive stimulations using the neuroplasticity ability of the central nervous system is effective for development of gross and fine motor, language, and personal-social functions. These exercises can be administered for a child with agenesis of the corpus callosum.

Keywords: Agenesis of the corpus callosum, sensory integration, neuroplasticity

اثر تحریکات دهلیزی- حس عمقی در آرنزیس جسم پینه‌ای

حمید دالوند^۱، لیلا دهقان^۱، دکتر حسین باقری^۲

^۱ - گروه کاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

^۲ - گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

چکیده

زمینه: هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تحریکات دهلیزی- حس عمقی تئوری یکپارچگی حسی در رشد مراحل حرکتی درشت، ظریف، زبان و مهارت‌های فردی- اجتماعی افراد مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای بود.

مورد: این تحقیق به صورت مطالعه موردی، روی پسر ۱۰/۵ ماهه با تشخیص آرنزیس جسم پینه‌ای انجام شد. برای ارزیابی اولیه و تعیین میزان پیشرفت مهارت‌های کودک در هر ماه از آزمون غربالگری رشدی دنور- II و پایه‌های رشدی استفاده شد. درمان براساس اصول تئوری یکپارچگی حسی، در مدت ۲۰ جلسه، هفته‌ای یک جلسه و هر جلسه یک ساعت انجام شد. این تمرینات مشتمل بر تمرینات حس عمقی، تمرینات دهلیزی خطی و ادامه‌دار روی توپ مخصوص فلج مغزی و تاب بود. پس از انجام مداخله درمانی، سن عملکرد حرکتی درشت، حرکت تطابقی ظریف، زبان و مهارت‌های فردی- اجتماعی افزایش یافت. همچنین براساس پایه‌های رشدی، حفظ وضعیت مهارت‌های حرکتی درشت مثل نشستن و چهار دست و پا افزایش یافت، غلتیدن کامل به چپ و راست و رها کردن ارادی اشیاء را انجام داد و مدت زمان واکنش کودک به تحریکات شنوایی به کمتر از ۲ ثانیه رسید.

نتیجه‌گیری: تحریکات دهلیزی- حس عمقی تئوری یکپارچگی حسی با بهره‌گیری از قابلیت انعطاف‌پذیری سامانه عصبی تأثیر مثبتی در تسهیل مراحل رشد حرکتی درشت و ظریف، زبان و فردی- اجتماعی دارند و می‌توان از این تمرینات در اختلالات آرنزیس جسم پینه‌ای استفاده کرد.

واژگان کلیدی: یکپارچگی حسی، آرنزیس جسم پینه‌ای، آزمون غربالگری رشدی دنور- II

(وصول مقاله: ۸۷/۱۱/۱، پذیرش: ۸۸/۳/۲۶)

مقدمه

بصل‌النخاع و تالاموس قرار دارند و با افزایش کارایی در ساقه مغز و تالاموس عملکرد سطوح بالاتر افزایش می‌یابد. در واقع با استفاده از این منطق، با تقویت عملکردهای اولیه و اساسی مانند تون پوسچرال و تعادل، یک پایه حرکتی برای عملکردهای سطوح بالاتر ایجاد می‌شود (۲).

در رویکرد یکپارچگی حسی تأکید اصلی بر یکپارچگی درون‌داد دهلیزی و حس عمقی است و با ایجاد فرصت‌هایی برای افزایش ورود اطلاعات حس دهلیزی و حس عمقی در قالب فعالیت‌های هدفمند، توانایی سامانه عصبی در پردازش و یکپارچگی حسی اصلاح می‌شود و یادگیری حرکتی و دیگر جنبه

تئوری یکپارچگی حسی برای توضیح کامل‌تر روابط بین رفتار و عملکرد عصبی به‌ویژه پردازش حس یا یکپارچگی حسی توسط Ayres مطرح شد (۱). طبق این تئوری، درون‌داد حسی برای عملکرد مطلوب مغز ضروری است. مغز طوری برنامه‌ریزی شده است تا مدام اطلاعات حسی را دریافت کند. اگر تحریکات حسی کافی در زمان طلایی تکامل رشدی، وجود نداشته باشد اختلالاتی در عملکرد اجزاء سامانه عصبی دیده می‌شود. Ayres در سال ۱۹۷۲ از مدل سلسله مراتب سامانه عصبی برای توضیح نحوه یکپارچگی حسی استفاده کرد. او معتقد بود که جنبه‌های حیاتی یکپارچگی حسی در سطوح پایین‌تر سامانه عصبی به‌ویژه در

پیچیده تکثیر و مهاجرت سلولی سامانه عصبی جنین انطباق دارد، بنابراین هرگونه آسیب به جسم پینه‌ای غالباً با بدشکلی‌های گسترده مغز همراه است و مکرراً در سندرم‌های مختلف (نقص‌های ژنتیکی به‌خصوص تریزومی کروموزوم‌های ۸، ۱۱، ۱۳ و ۱۸) دیده می‌شود (۷).

میزان شیوع نقص در تشکیل جسم پینه‌ای در حدود ۱/۸ در ۱۰۰۰۰ تولد زنده و میزان شیوع آن در افراد مبتلا به اختلالات تکاملی ۲۳۰ در ۱۰۰۰ نفر می‌باشد. شایع‌ترین یافته‌های کلینیکی، به‌ترتیب عقب‌ماندگی ذهنی (۶۰ درصد)، اختلال بینایی (۳۳ درصد)، اختلال زبان (۲۹ درصد)، صرع (۲۵ درصد) و اختلال خوردن می‌باشند (۸).

جسم پینه‌ای، الیاف میلینه شده قطوری است که دو نیم-کره را به هم مرتبط می‌سازد. بخش چنبره‌ای (splenium) و دمی (caudal) آن شامل الیافی هستند که از قشر شنوایی اولیه، ثانویه و دیگر نماهای شنوایی منشأ می‌گیرند (۹). در بررسی توپوگرافی الیاف ارتباطی جسم پینه‌ای گربه، الیاف پرتابی ناحیه قدام شکنج سوپراسیلوین یا قشر پرتابی دهلیزی از ۱/۳ قدامی تنه جسم پینه‌ای می‌گذرند (۱۰).

جسم پینه‌ای در برتری طرفی مغز مشارکت عمده‌ای دارد، بدین صورت که به هر نیم‌کره اجازه می‌دهد که در هر عملکرد فقط یک نیم‌کره بر دیگری غلبه یابد (۱۱). نقش تسهیلی جسم پینه‌ای در عملکرد شناختی و حسی حرکتی ثابت شده است (۱۲)، همچنین جسم پینه‌ای تعاملات مهارتی بین نماهای یکسان در نواحی حسی پیکری چپ و راست در زمان تکامل اولیه را از لحاظ عملکردی تعدیل می‌کند (۱۳).

همه نواحی حسی پیکری ثانویه و نماهای تنه و صورت ناحیه حسی پیکری اولیه پاسخ‌های دو طرفه قوی را نسبت به تحریکات یک‌طرفه نشان می‌دهند که مشخصه‌های این پاسخ‌های دوطرفه با الیاف پرتابی مربوط به این نواحی که از جسم پینه‌ای عبور می‌کنند و مشخص شده در پرمات‌های غیر انسان و سایر پستانداران وجود دارند به‌خوبی مطابقت می‌کند (۱۴).

نتایج تحقیقات دیگر نشان داده است که انتقال تحت

های عملکرد قشر مغز افزایش می‌یابد (۱).

اصطلاح دهلیزی-حس عمقی به معنی داده‌هایی هستند که از حرکت فعال اندام‌های بدن منشأ می‌گیرند. گیرنده‌های دهلیزی شامل مجاری نیم‌دایره، اتریکول و ساکول و حس عمقی شامل گیرنده‌های خاصی از عضلات، مفاصل و پوست می‌شوند (۱).

Bundy معتقد بود که درون‌داده‌های دهلیزی-حس عمقی نقش مهمی را در برنامه‌ریزی، طرح‌ریزی، توالی اعمال حرکتی، تکامل الگوهای عصبی و حافظه احساسی برای انجام حرکت برعهده دارند، و این درون‌داده‌ها، نقش بارزی را در کنترل پوسچر به‌ویژه عضلات اکستانسوری پوسچرال اعمال می‌کنند (۱)، همچنین از طریق تحریکات دهلیزی (تحریکات خطی) و تحریکات درون‌داد حس عمقی (فشار و کشش مفصل)، صاعقه درونی (inner drive) افزایش می‌یابد. صاعقه درونی برای ایجاد و تکامل یکپارچگی حسی ضروری است تا مشارکت فعال فرد در محیط، سعی در کسب تجربیات تازه و رویارویی با چالش‌های جدید را به‌وجود آورد (۲).

از طرف دیگر تعادل و حرکت از تعامل پیچیده بین سامانه‌های حسی و اسکلتی-عضلانی به‌وجود می‌آیند. این سامانه‌های حسی از حس‌های دهلیزی، بینایی و عمقی تشکیل می‌شوند. الیاف پرتابی هسته‌های دهلیزی، در حرکت سر و وضعیت سر نسبت به جاذبه، نگاه خیره، تنظیمات کنترل پوسچرال، عملکرد سامانه خودمختار و تنظیم سطح هوشیاری نقش دارند. حس عمقی آگاهی‌هایی از حرکات و وضعیت نسبی قسمت‌های مختلف بدن را ایجاد می‌کند (۳).

در آژنزیس جسم پینه‌ای (agenesis of the corpus callosum)، فقدان کامل جسم پینه‌ای اختلالاتی را در برتری طرفی مغز و متعاقب آن، اختلالاتی در مهارت‌های حسی-حرکتی درشت مانند یکپارچگی دوطرفه و توالی حرکتی (۴)، مهارت‌های حرکتی و بینایی-فضایی نیازمند عبور از خط وسط بدن (۵) و مکان‌یابی صوت (۶) به‌وجود می‌آورد. از آنجایی که زمان تشکیل جسم پینه‌ای (هفته‌های هفتم تا بیستم بارداری) با فرایندهای

قشری اطلاعات از تالاموس به یک نیم‌کره، به‌طور محسوسی به- وسیله سطح فعالیت در قشر حس پیکری هر دو نیم‌کره تعدیل می‌شود(۱۵). در تحقیقی در سال ۲۰۰۰ روی ۱۱ کودک مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای مشخص شد ظرفیت پذیرش این کودکان در انواع خاصی از اطلاعات حس پیکری آهسته‌تر و با بازده کمتر می‌باشد(۱۶). در تحقیقی دیگر برای مقایسه‌ی برتری طرفی دست، ۱۲ کودک مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای با کودکان سالم، نقش جسم پینه‌ای در هماهنگی دو طرفه ثابت شد زیرا کودکان مبتلا در برتری طرفی دست تأخیر نشان دادند(۱۷).

با توجه به ارجاع افراد مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای به بخش‌های مختلف توانبخشی و احتمال وجود بدشکلی‌های گسترده در مغز این افراد و همچنین نقش مهم الیاف ارتباطی جسم پینه‌ای در انتقال، تسهیل و یا مهار تحریکات حسی این سؤال مطرح می‌شود که آیا استفاده از تحریکات دهلیزی- حس عمقی تئوری یکپارچگی حسی در رشد مراحل حرکتی درشت، حرکت تطابقی ظریف (fine motor-adaptive)، زبان و فردی- اجتماعی افراد مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای مؤثر است؟

مورد

مورد، پسر ۱۰/۵ ماهه‌ای با تشخیص آرنزیس جسم پینه- ای بود که از طرف فوق تخصص اعصاب کودکان به بخش کاردرمانی ارجاع داده شده بود، وی حاصل زایمان طبیعی از والدین غیر منسوب است که با وزن ۲۸۰۰ گرم و دور سر ۳۸ سانتی متر متولد و به‌مدت ۲۷ روز در داخل انکوباتور نگهداری شد. در ۲ ماهگی به‌خاطر کاردیومیوپاتی و سوفل قلبی آکو و در قلب او ریتم کالوپ دیده شد.

در دوران جنینی از ماه ششم حجم مایع آمنیوتیک و مختصری قند خون مادر افزایش یافته و در ماه هشتم حاملگی در اثر تصادف، ضربه وارد شده به شکم موجب خونریزی شده بود.

در مشاهده و بررسی اولیه کودک موارد زیر مشخص شد:

۱- وجود طاسی در نواحی جلو و پس سر

۲- از بین رفتن مژه‌ها در اثر خارش چشم و مالیدن مکرر

آن

۳- وجود آگزمای پوستی شدید در تمام نواحی بدن

۴- قرار گرفتن گوش‌ها پایین‌تر از محل طبیعی

۵- قرارگیری بیضه‌ها در کانال اینگوینال، به نحوی که

هیچ‌کدام از بیضه‌ها رؤیت نمی‌شد

۶- ناهنجاری در قفسه سینه و برجستگی دنده‌ها در ناحیه

جناغ که باعث می‌شد کودک در وضعیت دمر دچار گریه و بی-

قراری شود.

در ارزیابی اولیه برای تعیین سطح کودک در هر یک از

مهارت‌های عملکرد حرکتی درشت، حرکت تطابقی ظریف، زبان و

فردی- اجتماعی از آزمون غربالگری رشدی دنور II (Denver II)

Developmental Screening-II استفاده شد. اگرچه این

آزمون عنوان آزمون یکپارچگی حسی را ندارد، اما جنبه‌هایی از

مهارت‌های حرکتی درشت و ظریف را ارزیابی می‌کند.

این آزمون که توسط Frankenburg و همکاران در سال

۱۹۹۰ ابداع گردید ۱۲۵ مهارت را در چهار حیطه عملکرد حرکتی

درشت (gross-motor function)، حرکت تطابقی ظریف، زبان و

فردی- اجتماعی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. ارزیابی با توجه به سن

تقویمی کودک شروع می‌شود و از طریق ارزیابی مستقیم، گزارش

خانواده یا مشاهده امتیاز داده می‌شود(۱۸).

در ارزیابی بالینی اولیه با استفاده از این آزمون موارد زیر

مشخص شد:

- به‌علت وجود Neck Righting Reflex کنترل کامل

سر وجود نداشت و قادر به غلت زدن نبود.

- به‌مدت یک دقیقه با حمایت می‌نشست.

- وضعیت چهار دست و پا را کسب نکرده بود.

- مشت کردن (fist making) غیر ارادی دوطرفه دست‌ها

وجود داشت.

- سطح توجه شنیداری کودک بسیار پایین بود.

سپس درمان براساس اصول تئوری یکپارچگی حسی، در

مدت ۲۰ جلسه (هفته‌ای یک جلسه و هر جلسه یک ساعت) انجام

شد. این تمرینات مشتمل بر تمرینات حس عمقی، تمرینات

جدول ۱- نتایج میزان پیشرفت کودک براساس آزمون غربالگری رشدی دنور- II

آزمون‌ها	زمان ارزیابی (ماه)					
	صفر	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
عملکرد حرکتی درشت	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۴	۵/۵	۷
حرکت تطابقی ظریف	۲	۲/۵	۳/۵	۴	۵	۶/۵
زبان	۳	۳	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۶/۵
فردی-اجتماعی	۲/۵	۲/۵	۳	۳	۴/۵	۵/۵

در مهارت غلت زدن، از جلسه هفتم غلت زدن راست به چپ، از جلسه هشتم غلت زدن چپ به راست و در جلسه یازدهم غلت کامل ایجاد شد. زمان غلت زدن از چپ به راست با زمان غلت زدن از راست به چپ تفاوت داشت.

در مهارت چهار دست و پا از جلسه سیزدهم مهارت چهار دست و پا در کودک ایجاد گردید و تا جلسه بیستم، میزان حفظ وضعیت چهار دست و پا مستقل به ۲۰۰ ثانیه رسید(نمودار ۱).

در مهارت رها کردن اشیاء، از جلسه یازدهم رها کردن اشیاء در کودک ایجاد گردید و تا جلسه پانزدهم به حداقل زمان رسید.

در وضعیت پیشرفت توجه شنیداری، با افزایش تعداد جلسات کاردرمانی مدت زمان واکنش کودک به تحریکات شنوایی کاهش یافت(نمودار ۲).

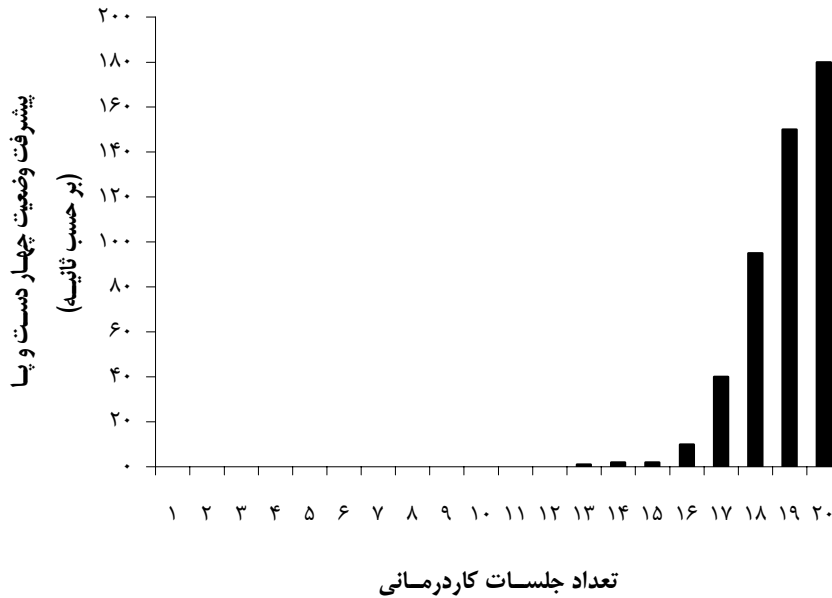
بحث

از آنجایی که جسم پینه‌ای مهترین الیاف ارتباطی مغز به- شمار می‌آید. بنابراین فقدان آن عوارض وسیعی را بر جا می‌گذارد که باید در زمان کاربرد تحریکات حسی به آن توجه کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که کودک مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای بعد از دریافت درمان یکپارچگی حسی، در هر چهار

دهلیزی خطی و ادامه‌دار بر روی توپ فلج مغزی و تاب بود. از آنجایی که این کودکان در معرض تشنج قرار دارند از تمرینات چرخشی استفاده نشد. همچنین به علت وجود آگزمای پوستی شدید در تمام نواحی بدن، تحریکات حسی به کار برده نشد. کلیه تمرینات توسط محقق انجام گرفت. قابل ذکر است که در طول درمان، از رویکردهای دیگر درمانی نیز استفاده نگردید.

برای ارزیابی چهار بخش عملکرد حرکتی درشت، حرکت تطابقی ظریف، زبان و فردی- اجتماعی در یک، دو، سه، چهار و پنج ماه بعد از دریافت مداخله از آزمون غربالگری رشدی دنور- II استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. پس از ۲۰ جلسه مداخله درمانی، سن عملکرد حرکتی درشت از ۲/۵ ماهگی به ۷ ماهگی، سن حرکت تطابقی ظریف از ۲ ماهگی به ۶/۵ ماهگی، سن زبان از ۳ ماهگی به ۶/۵ ماهگی و سن فردی- اجتماعی از ۲/۵ ماهگی به ۵/۵ ماهگی رسید.

علاوه بر آزمون فوق، براساس پایه‌های رشدی (milestones) به وسیله یک زمان سنج، مدت زمان حفظ هر مهارت توسط کودک، در هر جلسه درمانی ثبت شد. در مهارت نشستن از جلسه هفتم نشستن مستقل در کودک ایجاد گردید و تا جلسه شانزدهم میزان مدت زمان حفظ وضعیت نشستن مستقل به ۶ دقیقه رسید.



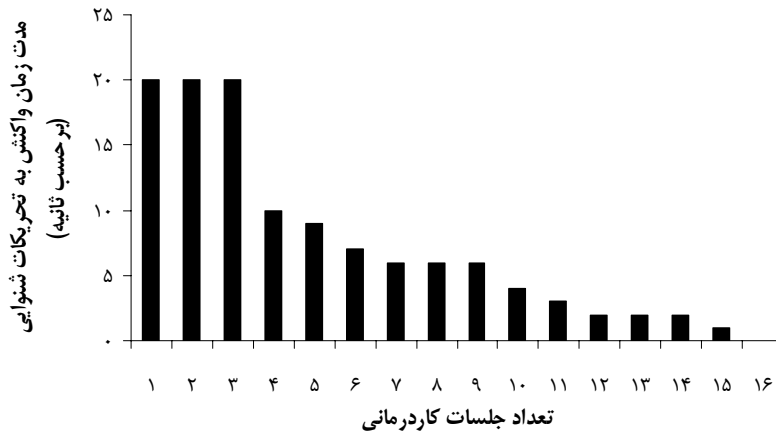
نمودار ۱- وضعیت پیشرفت چهار دست و پا

افرادی که جسم پینه‌ای ندارند، راست دست هستند و اغلب دارای برتری طرفی نیم‌کره چپ هستند (۹). احتمالاً در مورد مطالعه، تفاوت در غلت زدن‌ها، نشانه برتری طرفی نیم‌کره چپ باشد. Rine و همکاران (۲۰۰۴)، ۲۱ کودک مبتلا به آسیب‌های دهلیزی را به دو گروه کنترل و شاهد تقسیم کردند و مداخله درمانی شامل تمرینات یکپارچگی حسی با تأکید بر عملکرد بینایی، حس پیکری و تعادل را ۳ بار در هفته و به مدت ۱۲ هفته به آن‌ها تمرین دادند. نتایج نشان داد استفاده از تحریکات یکپارچگی حسی باعث بهبود نمرات رشد حرکتی و مانع از پیشرفت تأخیر حرکتی کودکان با آسیب‌های دهلیزی می‌شود. در تحقیق دیگری استفاده از تحریکات دهلیزی سبب بهبود مهارت‌های حرکتی درشت و استقلال در بهداشت فردی در افراد با آسیب‌های دهلیزی شد (۱۹). از سوی دیگر یکی از فرضیات اساسی تئوری یکپارچگی حسی، وجود انعطاف‌پذیری سامانه عصبی است. در واقع اصلاح توانایی سامانه عصبی در پردازش و یکپارچگی حسی با ایجاد

بخش عملکرد حرکتی درشت، حرکت تطابقی ظریف، زبان و فردی- اجتماعی آزمون غربالگری رشدی دنور- II پیشرفت محسوسی را داشته است. به طوری که در پایان ماه پنجم در عملکرد حرکتی درشت/ استقلال کامل در نشستن، در حرکت تطابقی ظریف/ دراز کردن دست و گرفتن اشیاء، در مهارت‌های زبان/ آواسازی و در مهارت‌های فردی- اجتماعی/ نوازش کردن را کسب کرد.

کودک بعد از ۲۰ جلسه تحریکات دهلیزی- حس عمقی توانست در مهارت‌های حرکتی درشت مثل غلت زدن کامل به چپ و راست، نشستن و چهار دست و پا، در مهارت حرکتی ظریف مثل رها کردن ارادی اشیاء و همچنین در مهارت زبان پیشرفت محسوسی را داشته باشد.

در مهارت غلت زدن از چپ به راست و از راست به چپ تفاوت‌هایی دیده شد. به طوری که کودک غلت راست به چپ را نسبت به غلت چپ به راست در زمان کمتری انجام داد. اکثر



نمودار ۲- میزان پیشرفت توجه شنیداری کودک

که در غیاب جسم پینه‌ای جفت و جور کردن کدهای ذهنی برای محرک‌ها و تنظیم پاسخ‌ها به تنهایی در نیم‌کره‌ای ایجاد می‌گردد که محرک‌ها را دریافت می‌کند (۲۱).

در آرنزیس جسم پینه‌ای عوامل غیر آناتومیک ممکن است یکپارچگی بینایی حرکتی بین دو نیم‌کره را تعدیل کنند که احتمالاً الیاف رابط قدامی (anterior commissure) و مسیرهای interhemispheric cortico-subcortical از جمله این عوامل باشند (۲۲).

در مورد عملکرد شنوایی ممکن است الیاف رابط قدامی نقش جسم پینه‌ای را انجام دهد و در مواردی هاپیروتروفی شدن رابط قدامی با میزان عملکرد بهتر شنوایی ارتباط دارد (۱۵).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر و مطالعات انجام شده قبلی نشان می‌دهد که تکنیک‌های دهلیزی-حس عمقی با بهره‌گیری از قابلیت انعطاف‌پذیری سامانه عصبی تأثیر مثبتی در تسهیل مراحل رشد حرکتی درشت و ظریف، زبان و فردی-اجتماعی دارند و می‌توان از این تمرینات در اختلالات آرنزیس جسم پینه‌ای استفاده کرد.

فرصت‌هایی برای افزایش ورود اطلاعات حس دهلیزی و حس عمقی در قالب فعالیت‌های هدفمند، نشانه‌ی وجود انعطاف‌پذیری سامانه عصبی است (۲).

البته انعطاف‌پذیری قشر مغز در آرنزیس جسم پینه‌ای گزارش شده است. در مطالعه‌ی در سال ۲۰۰۶ روی سه نفر مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای مشخص شد این افراد بعضی از فعالیت‌هایی که نیازمند تبادل اطلاعات بین دو نیم‌کره هستند را به‌طور طبیعی انجام می‌دهند. در سطح فیزیولوژیک، فقدان مادرزادی آوران‌های جسم پینه‌ای ممکن است به‌وسیله افزایش مهار موضعی (focal) جبران شود، احتمالاً این جبران را میانجی گابا (gamma aminobutyric acid: GABA) با افزایش مهار رهبری می‌کند (۲۰).

در تحقیق دیگری روی دو نفر مبتلا به آرنزیس جسم پینه‌ای مشخص شد که در فعالیت نوری که می‌بایستی با دیدن آن در سمت راست دکمه سمت راست و با دیدن آن در سمت چپ دکمه چپ فشار داده می‌شد مبتلایان به آرنزیس جسم پینه‌ای همانند افراد طبیعی عمل می‌کنند. با این تفاوت که استقلال در پاسخ‌دهی به تحریک با جابجایی دست وجود دارد. این یافته‌ها می‌تواند براساس مدل سلسله مراتبی پردازش اطلاعات تفسیر شود

REFERENCES

1. Bundy AC, Lane SJ, Murray EA. Sensory integration: theory and practice. 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2002.
2. Parham DL, Milloux Z. Sensory integration. In: Case-Smith J, editor. Occupational therapy for children. 4th ed. New York: C.V. Mosby; 2005. p. 356-410.
3. Lundy-Ekman L. Neuroscience fundamental for rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2007.
4. Andres FG, Mima T, Schulman AE, Dichgans J, Hallett M, Gerloff C. Functional coupling of human cortical sensorimotor areas during bimanual skill acquisition. *Brain*. 1999;122(Pt 5):855-70.
5. Lassonde M, Sauerwein HC, Lepore F. Extent and limits of callosal plasticity: presence of disconnection symptoms in callosal agenesis. *Neuropsychologia*. 1995;33(8):989-1007.
6. Lessard N, Lepore F, Villemagne J, Lassonde M. Sound localization in callosal agenesis and early callosotomy subjects: brain reorganization and/or compensatory strategies. *Brain*. 2002;125:1039-53.
7. Paul LK, Brown WS, Adolphs R, Tyszka JM, Richards LJ, Mukherjee P, et al. Agenesis of the corpus callosum: genetic, developmental and functional aspects of connectivity. *Nat Rev Neurosci*. 2007;8(4):287-99.
8. Glass HC, Shaw GM, Ma C, Sherr EH. Agenesis of the corpus callosum in California 1983-2003: a population-based study. *Am J Med Genet A*. 2008;146A(19):2495-500.
9. Bamiou DE, Sisodiya S, Musiek FE, Luxon LM. The role of the interhemispheric pathway in hearing. *Brain Res Rev*. 2007;56(1):170-82.
10. Sargon MF, Celik HH, Kapakin S, Basar R, Aksit MD. Quantitative analysis of myelinated axons of commissural fibers in the cat brain. *Neurosciences*. 2004;9(3):171-5.
11. Broman SH, Fletcher JM. The changing nervous system: neurobehavioral consequences of early brain Disorders. 1st ed. New York: Oxford university press; 1999.
12. Sauerwein HC, Lassonde M. Cognitive and sensori-motor functioning in the absence of the corpus callosum: neuropsychological studies in callosal agenesis and callosotomized patients. *Behav Brain Res*. 1994;64(1-2):229-40.
13. Marcano-Reik AJ, Blumberg MS. The corpus callosum modulates spindle-burst activity within homotopic regions of somatosensory cortex in newborn rats. *Eur J Neurosci*. 2008;28(8):1457-66.
14. Eickhoff SB, Grefkes C, Fink GR, Zilles K. Functional lateralization of face, hand, and trunk representation in anatomically defined human somatosensory areas. *Cereb Cortex*. 2008;18(12):2820-30.
15. Li L, Ebner FF. Balancing bilateral sensory activity: callosal processing modulates sensory transmission through the contralateral thalamus by altering the response threshold. *Exp Brain Res*. 2006;172(3):397-415.
16. Friefeld S, MacGregor D, Chuang S, Saint-Cyr J. Comparative study of inter- and intrahemispheric somatosensory functions in children with partial and complete agenesis of the corpus callosum. *Dev Med Child Neurol*. 2000;42(12):831-8.
17. Sacco S, Moutard ML, Fagard J. Agenesis of the corpus callosum and the establishment of handedness. *Dev Psychobiol*. 2006;48(6):472-81.
18. Lidz CL. Early childhood assessment. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2003.
19. Rine RM, Braswell J, Fisher D, Joyce K, Kalar K, Shaffer M. Improvement of motor development and postural control following intervention in children with sensorineural hearing loss and vestibular impairment. *Int J*

- Pediatr Otorhinolaryngol. 2004;68(9):1141-8.
20. Fecteau S, Lassonde M, Théoret H. Intra-hemispheric dysfunction in primary motor cortex without corpus callosum: a transcranial magnetic stimulation study. *BMC Neurol.* 2006;6:21.
21. Aglioti S, Tassinari G, Berlucchi G. Spatial stimulus-response compatibility in callosotomy patients and subjects with callosal agenesis. *Neurosci Biobehav Rev.* 1996;20(4):623-9.
22. Mooshagian E, Iacoboni M, Zaidel E. Spatial attention and interhemispheric visuomotor integration in the absence of the corpus callosum. *Neuropsychologia.* 2009;47(3):933-7.