Psychological Achievements
Fall & Winter, 2023, *30*(2)
Serial Number 30, 303-314
Rcceived: 02 Jan 2023
Accepted: 21 Feb 2023
DOI: 10.22055/psy.2023.42648.2947
(Psychol Achiev)
Orginal Article

Comparing the Level of Activity of Brain Structures of Reading, Writing and Speech Skills in People with Very High and Very Low Verbal Intelligence Using Functional Magnetic Resonance Imaging

Zohre Yarmohammadi *
Abolghasem Yaghoobi **
Khosro Rashid
Rasol kord noghabi

Introduction

In today's modern world where people tend to judge others by the way they speak, write, and understand words, verbal intelligence is very valuable. A literature review of 28 studies introduced the temporal cortex as the most dominant primary region for verbal intelligence. Dominant sub-regions in both the temporal and frontal cortex are critical for language processing, speech control, and speech production. Also, the temporal cortex was recognized as an important area for verbal intelligence. Since then, the neuroscience of the skills of this intelligence has been considered an important issue for psychologists and neurologists, and few studies have investigated the neuroscience of this intelligence based on its skills, and the studies have been carried out in a scattered manner. Among the research conducted on this topic, we can mention the examination of speech, writing, and reading skills.

Method

This research was among case studies. The statistical population of the

* P.hd Graduate of Agronomy, Department of psychology, Faculty of Economics and Social Science, University of Bu- Ali Sina, Hamedan, Iran.

** Professor, Department of psychology, Faculty of Economics and Social Science, University of Bu- Ali Sina, Hamedan, Iran. *Corresponding Author:* yaghoobi@basu.ac.ir

*** Associate Professor, Department of psychology, Faculty of Economics and Social Science, University of Bu- Ali Sina, Hamedan, Iran.

**** Associate Professor, Department of psychology, Faculty of Economics and Social Science, University of Bu- Ali Sina, Hamedan, Iran.

present study was composed of 45 male and female volunteers aged 18 years and older who were referred to the National Brain Mapping Laboratory in Tehran in 2019, and among them, two subjects were selected in a targeted manner using the developmental assessment scale of multiple intelligences. Multiple intelligences developmental assessment scales were selected.

Results

The findings from data processing showed that performing the reading task was associated with the activity of the frontal and prefrontal areas as well as the temporal and fusiform gyri. Findings related to the writing task also showed that doing the task was associated with the activity of the Temporal, and Prefrontal areas, especially the inferior and middle frontal gyri. Also, the findings from data processing related to the speech task showed that the frontal and temporal regions as well as the precentral and postcentral gyrus were associated with the activity. Diagram 3 shows that the activity level of brain regions in a subject with very high intelligence is higher in all regions except for the fusiform gyrus.

Discussion

This study, like other studies, was accompanied by limitations, for example, the limitation in the number of subjects due to the high cost of fMRI and the time limit of assignments. Therefore, it is suggest to conduct research in a larger sample for better generalizability.

Keywords: Brain structures, functional magnetic resonance imaging, reading, speaking, verbal intelligence, writing

Author Contributions: Author 1, general framework planning, content editing and analyzing, submission and correction. Author 2, collaboration in general framework planning, selection of approaches; final review. Author 3 and Author 4, editing the article

Acknowledgments: The present article is a part of the doctoral thesis in the field of educational psychology approved by Bu-Ali Sina University. We are very grateful to all those who helped the researchers in carrying out this project, as well as to the officials and experts of the National Brain Mapping Laboratory who accompanied us in conducting the experiments.

Conflicts of interest: The authors declare there is no conflict of interest in this article. This article extracted from the Ph.D. thesis, with the guidance of Abolghasem Yaghoobi and with the consultation of Khosro Rashid and Rasol Kord Noghabi.

Funding: This research is not sponsored by any institution and all costs have been borne by the authors

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲

دست آوردهای روان‌شناختی
دانشگاه شهید چمران اهواز، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
دوره‌ی چهارم، سال ۳۰، شماره‌ی ۲
ص‌ص: ۳۱۴-۳۰۳

مقایسه میزان فعالیت ساختارهای مغزی مهارت‌های خواندن، نوشتن و صحبت کردن در افراد با هوش‌کلامی خیلی بالا و خیلی پایین با استفاده از تصویرسازی تشدید مغناطیس کارکردی

زهره یارمحمدی *
ابوالقاسم یعقوبی **
خسرو رشید ***
رسول کرد نوقابی ****

چکیده

هوش کلامی با حساسیت نسبت به معنی و ترتیب واژه‌ها و استفاده‌های گوناگون از زبان تعریف می‌شود. پژوهش حاضر با هدف مقایسه میزان فعالیت ساختارهای مغزی مهارت خواندن، نوشتن و صحبت کردن در افراد با هوش‌کلامی خیلی بالا و خیلی پایین انجام شد. روش پژوهش حاضر یک طرح موردی بود. از میان ٤٥ داوطلب زن و مرد ۱۸ سال به بالا که در سال ۱۳۹۹ به آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز تهران مراجعه کردند، دو آزمودنی با هوش‌کلامی خیلی بالا و خیلی پایین به روش هدفمند و با استفاده از مقیاس ارزیابی رشدی هوش‌های چندگانه انتخاب شدند. ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش، تکالیف خواندن، نوشتن و صحبت کردن بود. همچنین از تصویرسازی تشدید مغناطیس کارکردی جهت بررسی میزان فعالیت مناطق مغزی استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPM نسخه۱۲، پیش پردازش و آنالیز آماری شدند. یافته‌ها نشان داد که فرد با هوش‌کلامی خیلی بالا نسبت به فرد با هوش‌کلامی خیلی پایین، در تکالیف خواندن و نوشتن و صحبت کردن میزان فعالیت بیشتری را در اسکنر نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های به دست آمده می‌توان گفت میزان فعالیت

* دانش‌آموخته دکتری، گروه روان شناسی، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
** استاد، گروه روانشناسی، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسنده مسئول)
yaghoobi@basu.ac.ir
*** دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
**** دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

ساختارهای مغزی مرتبط با هوش کلامی در افراد با هوش کلامی خیلی بالا بیش از افراد دارای هوش کلامی خیلی پایین است.

کلید واژگان: تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی، خواندن، ساختارهای مغزی، صحبت کردن، نوشتن، هوش کلامی

مقدمه

در دنیای مدرن امروزی که مردم تمایل دارند دیگران را از طریق نحوه صحبت کردن، نوشتن و درک کلمات قضاوت کنند، هوش کلامی (verbal intalligence) بسیار ارزشمند به حساب می‌آید. هوش کلامی با هوشمندی در پردازش کلمات یا توانایی استفاده مؤثر از کلمات هم به صورت شفاهی و هم نوشتاری تعریف می‌شود (Handayani et al., 2021). گاردنر شواهد عصب شناختی ابتدایی مربوط به این هوش را که در سال ۱۹۸۳ منتشر ساخت، شامل نواحی بروکا (Broca's areas) در قشر تحتانی پیشانی (inferior frontal) چپ ، نواحی ورنیکه (wernicke's area) در لوب گیجگاهی (temporal lobe) چپ و شیار جانبی قطعه تحتانی آهیانه‌ای (lateral sulcus loop inferior parietal lobule) دانست (Shearer, 2019). بررسی ادبیات ۲۸ مطالعه، قشر گیجگاهی، پیشانی و آهیانه‌ای را به عنوان منطقه اولیه مهم برای هوش کلامی معرفی کرد که برای پردازش زبان، کنترل گفتار و تولید گفتار بسیار مهم است (Shearer et al., 2017).

پژوهش‌های انجام‌شده پیرامون مهارت‌های اصلی هوش کلامی که شامل صحبت کردن (speech)، نوشتن (writing) و خواندن (reading) می‌باشد، نشان داد که در مهارت صحبت کردن یک شبکه حسی–حرکتی پیچیده در پردازش گفتار درگیر می‌باشد که شامل شکنج گیجگاهی فوقانی، شکنج پیش مرکزی (precentral gyrus)، شکنج پست مرکزی (postcentral gyrus)، ناحیه تکمیلی حرکتی (supplementary motor area)، شکنج پیشانی تحتانی (inferior frontal gyrus) و تالاموس (thalamus)، لوبول آهیانه تحتانی (inferior parietal lobule)، شکنج پیشانی میانی (middle frontal gyrus)، شکنج دوکی شکل (fusiform gyrus) و اینسول ا(insula) بود (Parkinson et al., 2012; Zheng et al., 2013; Hickok et al., 2011; Lee et al., 2011). پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه نوشتن نیز، فعالسازی مشترکی در قسمت لوبول

آهیانه فوقانی (superior parietal lobule) چپ، قسمت خلفی شکنج پیشانی میانی–فوقانی و مخچه راست را گزارش دادند (Howard-Jones et al., 2005; Shah et al., 2013; Longcamp et al., 2014; Binder et al., 2009). همچنین صاحب نظران بر این باورند که خواندن، یک فرآیند پیچیده شناختی است و تعادل بین فرآیندهای درک مطلب، شناخت، دانش و مهارت‌های فراشناخت می‌باشد (Karami et al., 2017). مطالعات تصویربرداری تشدید مغناطیس کارکردی برای تعریف مؤلفه‌های منطقه‌ای شبکه خواندن نشان دادند در شبکه خواندن، اثرات فعالسازی در شکنج پیشانی تحتانی دو طرفه و قشر آهیانه تحتانی چپ و شکنج دوکی شکل معنادار است (Preston et al., 2015; Toprak, 2018; Pur Etemad et al., 2015; Vogel et al., 2013; Pugh et al., 2013). مطالعات دیگر، همچنین مناطقی را در شکنج فوق حاشیه‌ای (supermarginal gurus)، شکنج زاویه‌ای و شکنج گیجگاهی میانی (middle temporal gurus) به عنوان مناطق مهم برای خواندن شناسایی کرده‌اند (Church et al., 2011; Graves et al., 2010).

با این حال تفاسیر به دست آمده از عصب‌شناختی هوش کلامی همواره با انتقاداتی رو به رو بوده و علی‌رغم اینکه از قرن نوزدهم مورد بررسی قرار گرفته است، هنوز به‌طور کامل درک نشده است. لذا ضرورت مطالعه و تحقیقات عصب‌شناختی در رابطه با هوش کلامی و بررسی زیربناهای عصبی این هوش احساس می‌شود تا تردیدهای گسترده در استفاده از این هوش و آموزش مبتنی بر مغز از بین برود، از این‌رو پژوهش حاضر قصد دارد به مقایسه میزان فعالیت ساختارهای مغزی افراد دارای هوش کلامی خیلی بالا و خیلی پایین بپردازد.

روش

جامعه، نمونه، روش نمونه‌گیری

این پژوهش در زمره تحقیقات موردی قرار داشت. جامعه آماری مطالعه حاضر را ٤٥ داوطلب زن و مرد ۱۸ سال به بالا که در سال ۱۳۹۹ به آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز شهر تهران مراجعه کردند، تشکیل داد و از بین آنها ۲ آزمودنی به روش هدفمند و با استفاده از مقیاس ارزیابی رشدی هوش‌های چندگانه (Multiple Intelligences Developmental Assessment Scale) انتخاب شدند (تشخیص هوش کلامی خیلی بالا با نمره حد نصاب (۸۰–۱۰۰) و خیلی پایین با نمره حد نصاب (۰–۲۰). از جمله معیارهای ورود به تحقیق، راست دست بودن، دارای بینایی طبیعی و

بدون سابقه بیماری عصبی و قرار نداشتن هیچ‌گونه فلزی در بدن افراد بود و همچنین معیار خروج از تحقیق نیز شامل ترس از فضای بسته، بی‌قراری و تکان‌های زیاد سر در حین انجام تکالیف در اسکنر و عدم توانایی در به اتمام رساندن تکالیف در اسکنر بود. این پژوهش دارای تأیید کمیته اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی ایران با کد اخلاق IR.IUMS.REC.1398.1150 است.

تصاویر MR با استفاده از اسکنر ۳ تسلا زیمنس با یک سرپیچ ۸ کانال به دست آمد. تصاویرساختاری T1 با برش‌های ساجیتال و حد تفکیک مکانی بالا با ضخامت برش ۱ میلی-متر، تعداد کل برش‌ها برابر ۱۷٦، TR۱۹۱۰میلی ثانیه، TE۳/٤۷ میلی ثانیه، زاویه چرخش ۷ درجه، ماتریس ۲۵٦×۲۵٦ و میدان دید ۲۵۵×۲۵۵ میلی‌مترمربع اخذ شده است. برای کسب داده‌های عملکردی از تصویربرداری با وزن T2 برش‌های اکسیال با ضخامت ۳ میلی‌متر، تعداد کل برش‌ها ۵۰، TR۳۰۰۰ میلی ثانیه، TE۳۰ میلی ثانیه، زاویه چرخش۹۰ درجه، ماتریس ۲۵٦×۲۵٦ و میدان دید ۱۹۲×۱۹۲ میلی‌متر مربع استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل تصویربرداری تشدید مغناطیس کارکردی تکالیف به کمک نرم‌افزار MATLAB ورژن ۲۰۱۷ و xjview یک Tool box مبتنی بر MATLAB ارائه شده است.

ابزار پژوهش

پرسشنامه مقیاس ارزیابی رشدی هوش‌های چندگانه: این پرسشنامه توسط Shearer (1994) طراحی شده که شامل ۸ خرده آزمون و ۱۱۹ گویه می‌باشد. گویه‌های (۱-۱٤) هوش موسیقیایی، (۱۵-۲۷) هوش جنبشی-حرکتی، (۲۸-٤٤) هوش منطقی- ریاضی، (٤۵-۵۹) هوش فضایی، (٦۰-۷۹) هوش کلامی، (۸۰-۹۷) هوش میان فردی، (۹۸-۱۰٦) هوش درون فردی و (۱۰۷-۱۱۹) هوش طبیعت‌گرایانه را می‌سنجد. هر گویه شامل یک مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت می‌باشد. ضریب پایایی محاسبه شده برای این پژوهش برای هوش موسیقیایی، جنبشی-حرکتی، منطقی-ریاضی، دیداری-فضایی، کلامی، میان فردی، درون فردی و طبیعت‌گرایانه به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۹، ۰/۸۷، ۰/۸۵، ۰/۸۸، ۰/۷٤، ۰/۸۵، ۰/۸٤به دست آمد.

تکالیف تصویرسازی تشدید مغناطیس کارکردی (Functional Magnetic Resonance Imaging Tasks): برای بررسی عصب‌شناختی هوش کلامی، سه مهارت اصلی این هوش انتخاب و براساس آن تکالیف طراحی شد. این سه مهارت شامل خواندن، نوشتن (استفاده

خوب از کلمات در نوشتن گزارشات، نامه، داستان و...) و صحبت کردن (مهارت در استفاده از کلمات برای بیان و درک اهداف) بود. این تکلیف از روشی که Shah et al. (2013) طراحی کرده بودند، برگرفته شد.

تکالیف: آزمودنی‌ها برای انجام تکالیف روی نیمکت اسکنر دراز کشیدند. ورق‌هایی کاغذی (۲۹۷×۲۱۰ میلی متر مربع) موجود در تخته شاسی، در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. تماس دیداری با ورق‌های کاغذ برای خواندن و نوشتن توسط سیستم آینه دوتایی متصل به سیم پیچ سر صورت پذیرفت. جهت محدود کردن حرکت بازوی راست آزمودنی‌ها در حین نوشتن از کوسن‌هایی استفاده شد. متن انتخاب‌شده، گزیده‌ای از کتاب "بازنده" نوشته توماس برنهارد بود. این آزمایش شامل یک بلوک و ۵ تکلیف مجزا به ترتیب زیر بود:

۱- "خواندن" متن (۱۲۰کلمه) برای ٦۰ ثانیه؛

۲- "کپی کردن" قسمت اول متن ارائه‌شده (۳۵ کلمه) از طریق نوشتن با مداد به مدت ٦۰ ثانیه؛

۳- "بارش مغزی" ۳۰ کلمه اول متن برای ٦۰ ثانیه ارائه می‌شود، در این مرحله آزمودنی‌ها به ایده‌هایی برای ادامه خلاقانه متن فکر می‌کنند. در این مرحله اجازه نوشتن ندارند؛

٤- "نوشتن " متن جدید برای ۱٤۰ ثانیه؛

۵- داستانی را که نوشته‌اند، برای ۹۰ ثانیه تعریف کنند.

یافته‌ها

نتایج مربوط به مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان نشان داد که میانگین سن آنها ۳۱ سال (۲۷ زن و ۱۸ مرد) و در نهایت آزمودنی‌ای با ۲۸سال سن، مدرک کارشناسی ارشد و کسب نمره ۸۹ در آزمون MIDAS به عنوان فردی با هوش کلامی خیلی بالا و آزمودنی با ۲۹ سال سن، مدرک کارشناسی ارشد و کسب نمره ۲۰ در آزمون MIDAS به عنوان فردی با هوش کلامی خیلی پایین برای انجام آزمایش انتخاب شدند که هر دو ساکن تهران بوده و سه تکلیف خواندن، نوشتن و صحبت کردن را در اسکنر به پایان رساندند.

با بررسی نتایج به دست آمده، میزان فعالیت ساختارهای مغزی در تکالیف خواندن، نوشتن و صحبت کردن در آزمودنی با هوش خیلی بالا و خیلی پایین به دست آمد.

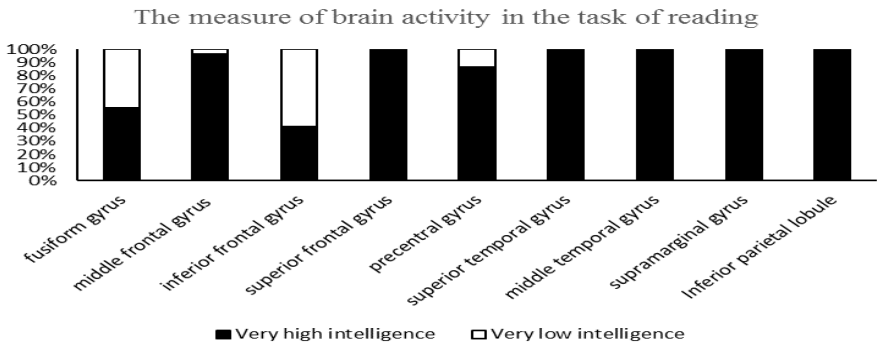

Chart 1. Comparison of the level of activity between very high and very low intelligence in the reading task

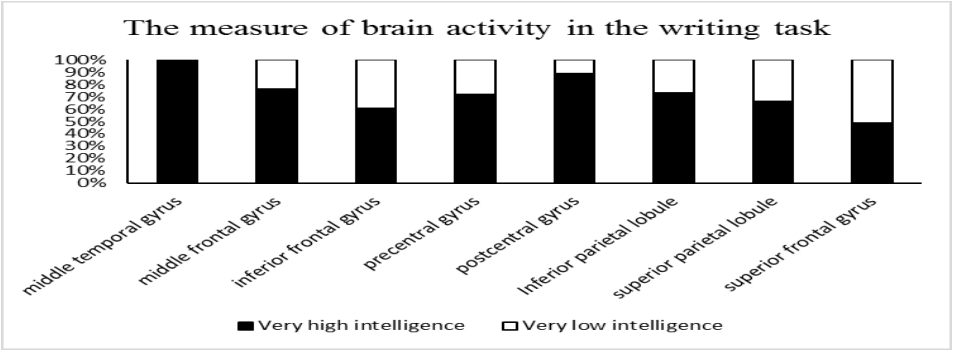

Chart 2. Comparison of the level of activity between very high and very low verbal intelligence in the writing task

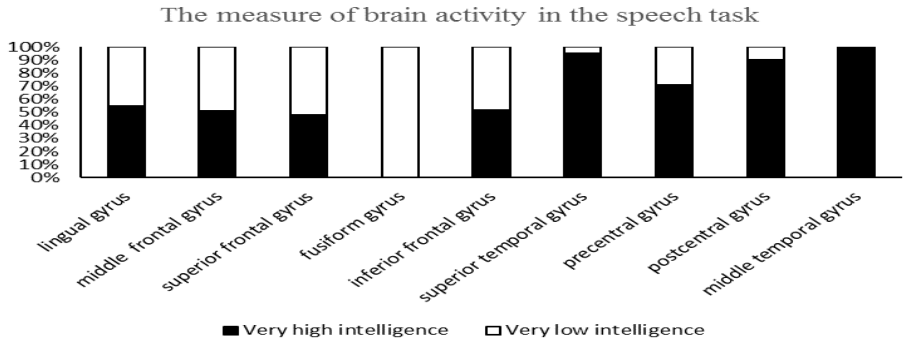

Chart 3. Comparison of the level of activity between very high and very low verbal intelligence in the task of speech

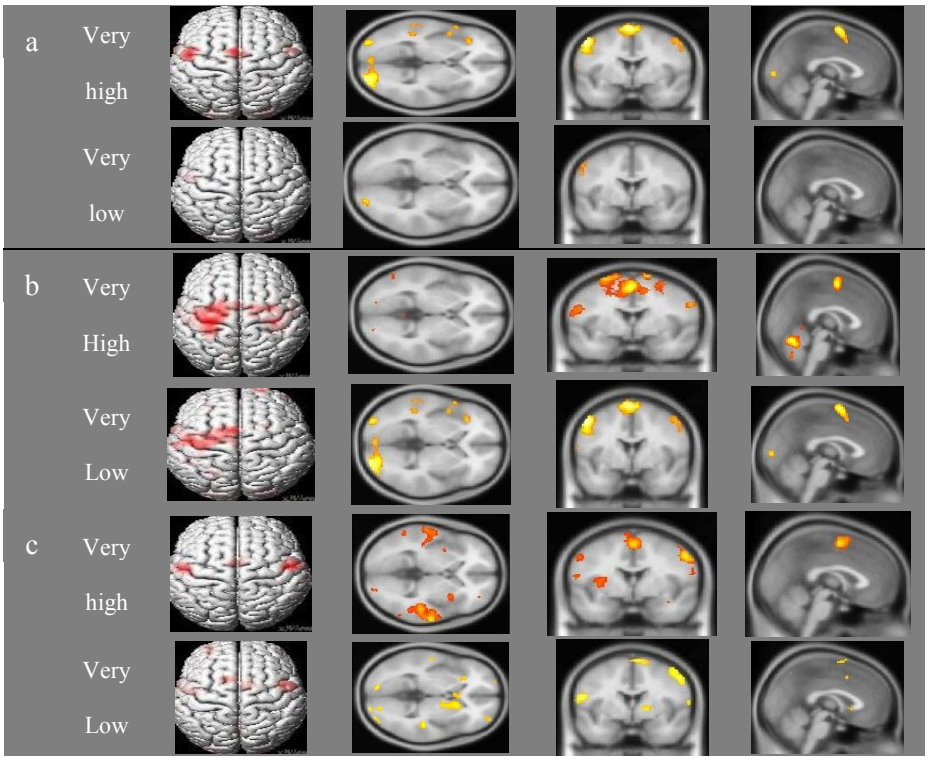

Figure 1. Activation areas related to reading task (a), writing task (b), speech task (c)

با بررسی نتایج به دست آمده، مناطق اولیه و زیر مناطق مرتبط با مهارت هوش کلامی به شرح زیر بود.

Table 4.
Summary table of primary areas and sub-areas related to verbal intelligence skills

Skills	**Neurological areas**	
	primary neural regions	**sub-regions**
Reading	frontal cortex	inferior frontal gyrus, Broca
	parietal cortex	Inferior parietal lobule, supramarginal gyrus
	temporal cortex	Middle and inferior temporal gyrus, fusiform gyrus
Writing	frontal cortex	inferior frontal gyrus, lateral prefrontal gyrus
	temporal cortex	Middle temporal gyrus
Speech	frontal cortex	Inferior frontal gyrus, inferior prefrontal
	temporal cortex	superior and middle temporal gyrus, Wernicke
Verbal intelligence	frontal cortex	inferior frontal gyrus, Broca
	temporal cortex	middle temporal gyrus, Wernicke
	parietal cortex	Inferior parietal lobule

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسه میزان فعالیت ساختارهای مغزی مهارت خواندن، نوشتن و صحبت کردن در افراد با هوش کلامی خیلی بالا و خیلی پایین انجام شد. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که فرد با هوش کلامی خیلی بالا نسبت به فرد با هوش کلامی خیلی پایین، در تکالیف خواندن و نوشتن و صحبت کردن میزان فعالیت مغزی بیشتری را در اسکنر نشان داد.

یافته‌های به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد فرد با هوش کلامی خیلی بالا، فعالسازی بیشتری را در مناطق شکنج پیشانی تحتانی و میانی، شکنج گیجگاهی میانی و فوقانی، لوبول آهیانه تحتانی نشان داد و با نتایج پژوهش‌های Preston et al. (2015)، Toprak (2018)، Vogel et al. (2011)، Church et al. (2011) و Graves et al. (2010) همسو است. در تبیین این یافته و با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت، عملکردهای شناختی هوش کلامی عمدتاً در یک شبکه آهیانه‌ای و پیشانی-گیجگاهی نشان داده می‌شود. از این‌رو افراد با هوش کلامی خیلی بالا نسبت به افراد با هوش کلامی خیلی پایین فعالسازی و اتصال عملکردی قوی را در شبکه‌های تحتانی و میانی گیجگاهی و پیشانی تحتانی نشان می‌دهند که در پردازش و بازیابی کلمات نقش دارند (Preston et al., 2015). همچنین فعالیت زیاد قشر آهیانه‌ای به خصوص لوبول آهیانه تحتانی در افراد با هوش کلامی خیلی بالا احتمالاً نقش کلیدی در ترکیب ایده‌های ذهنی مختلف و تبدیل آن به مفهومی معنادار در نوشتن و صحبت کردن، می‌باشد (Behroozmand et al., 2015). بنابراین می‌توان گزارش داد که افراد دارای هوش کلامی خیلی بالا هنگام عملکرد در مهارت‌های مرتبط با این هوش با افزایش پردازش عصبی هماهنگ در مناطق یاد شده مواجه می‌شوند.

این مطالعه نیز مانند سایر مطالعات با محدودیت‌هایی همراه بود که برای نمونه می‌توان به محدودیت در تعداد آزمودنی‌ها به علت هزینه بالای fMRI و محدودیت زمانی تکالیف اشاره نمود. لذا پیشنهاد به انجام پژوهش در نمونه‌ای با حجم بزرگتر جهت تعمیم‌پذیری بهتر نتایج می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی تفاوت‌های جنسیتی احتمالی، به مقایسه مردان و زنان در عملکردهای مشابه مهارت‌های هوش کلامی بپردازند.

سهم مشارکت نویسندگان: زهره یارمحمدی، طراحی چارچوب کلی، تدوین محتوا و تحلیل مطالب، ارسال و اصالحات مقاله؛ ابوالقاسم یعقوبی، همکاری در طراحی چارچوب کلی، انتخاب رویکردها و بررسی نهایی؛ خسرو رشید، ویرایش مقاله؛ رسول کرد نوقابی، ویرایش مقاله. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مورد بررسی قرار داده و تائید نموده‌اند.

سپاسگزاری: مقاله حاضر بخشی از رساله مقطع دکتری در رشته روانشناسی‌تربیتی مصوب دانشگاه بوعلی سینا است. از تمام کسانی که محققین را در انجام این پروژه کمک نموده‌اند، همچنین از مسئولین و کارشناسان محترم آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز که ما را در انجام آزمایشات همراهی نمودند،کمال تشکر و امتنان را داریم.

تضاد منافع: نویسندگان اذعان می کنند که در این مقاله هیچ نوع تعارض منافعی وجود ندارد. این مقاله مستخرج از رساله دکتری، با راهنمایی ابوالقاسم یعقوبی و مشاورت خسرو رشید و رسول کرد نوقابی است.

منابع مالی: این مقاله ازحمایت مالی برخوردار نبوده است.

References

Behroozmand, R., Shebek, R., Hansen, D. R., Oya, H., Robin, D. A., Howard III, M., & Greenlee, J. D. (2015). Sensory–motor networks involved in speech production and motor control: An fMRI study. *NeuroImage, 109*(1), 418-428.

Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cereb Cortex, 19*(12), 2767-2796.

Church, J. A., Balota, D. A., Petersen, S. E., & Schlaggar, B. L. (2011). Manipulation of length and lexicality localizes the functional neuroanatomy of phonological processing in adult readers. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(6), 1475-1493.

Graves, W. W., Desai, R., Humphries, C., Seidenberg, M. S., & Binder, J. R. (2010). Neural systems for reading aloud: A multiparametric approach. *Cerebral Cortex, 20*(8), 1799-1815.

Handayania, R., Sakkirb, G., & Kasman, R. (2021). The influence of verbal-linguistic intelligence on students learning outcomes in english at SMA Negeri 1 Sidrap. *Journal of Education and Learning Innovation, 1*(2), 141-148.

Hickok, G., Houde, J., & Rong, F. (2011). Sensorimotor integration in speech processing: computational basis and neural organization. *Neuron, 69*(3), 407-422.

Howard-Jones, P. A., Blakemore, S. J., Samuel, E. A., Summers, I. R., & Claxton, G. (2005). Semantic divergence and creative story generation: an fMRI investigation. *Brain Res Cogn Brain Res, 25*(1), 240-250.

Karami, J., Momeni, K., & Abbasi, Z. (2017). The effectiveness of metacognitive strategies and working memory training on reading performance (accuracy, speed and comprehension) of students with dyslexia. *Journal of Psychological Achievements, 4*(2), 51-68. [Persian]

Lee, Y. S., Turkeltaub, P., Granger, R., & Raizada, R. D. (2012). Categorical speech processing in Broca's Area: An fMRI study using multivariate pattern-bbased analysis. *The Journal of Neuroscience, 32*(11), 3942-3948.

Longcamp, M., Lagarrigue, A., Nazarian, B., Roth, M., Anton, J. L., Alario, F. X., & Velay, J. L. (2014). Functional specificity in the motor system: Evidence from coupled fMRI and kinematic recordings during letter and digit writing. *Human Brain Mapping*, *35*(12), 6077-6087.

Parkinson, A. L., Flagmeier, S. G., Manes, J. L., Larson, C. R., Rogers, B., & Robin, D. A. (2012). Understanding the neural mechanisms involved in sensory control of voice production. *Neuroimage, 61*(1), 314-322.

Preston, J. L., Molfese, J. P., Frost, S. J., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Hoeft, F., Landi, N., Shankweiler, D., & Pugh, K. R. (2015). Print-speech convergence predicts future reading outcomes in early readers. *Psychological Science, 27*(1), 213-234.

Pugh, K. R., Landi, N., Preston, J. L., Mencl, W. E., Austin, A. C., Sibley, D., & Frost, S. J. (2013). The relationship between phonological and auditory processing and brain organization in beginning readers. *Brain & Language, 125*(2), 173-183.

Shah, C., Erhard, K., Ortheil, H. J., Kaza, E., Kessler, C., & Lotze, M. (2013). Neural correlates of creative writing an fMRI study. *Human Brain Mapping, 34*(5), 1088-1101.

Shearer, C. B. (2019). A detailed neuroscientific framework for the multiple intelligences: Describing the neural components for specific skill units within each intelligence. *International Journal of Psychological Studies, 11*(3), 186-212.

Shearer, C. B., & Karanian, J. M. (2017). The neuroscience of intelligence: Empirical support for the theory of multiple intelligences? *Trends in Neuroscience and Education, 6*(1), 211-223.

Toprak, T. E. (2018). Connectionism, artificial neural networks and reading. *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi, 12*(4), 276-283.

Vogel, A. C., Church, J. A., Power, J. D., Miezin, F. M., Steven E. Petersen, S. E., & Schlaggar, B. L. (2013). Functional network architecture of reading-related regions across development. *Brain & Language*, *125*(2), 231-243.

Zheng, Z. Z., Vicente-Grabovetsky, A., MacDonald, E. N., Munhall, K. G., Cusack, R., & Johnsrude, I. S. (2013). Multivoxel patterns reveal functionally differentiated networks underlying auditory feedback processing of speech. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience, 33*(10), 4339-4348.

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited