Received: 23 July 2024 **Revised:** 11 September 2024 **Accepted:** 11 September 2024 **Published Online:** 14 November 2024

DOI: 10.22067/lts.2024.89046.1272

Intermediate EFL Learners' Theta/Beta-Ratio Power Changes during Reading Comprehension

Mitra Zeraatpishe[1*]; Farnaz Farrokh Alaee[1]; Farnaz Baradarn Farshchi[1]

[1]*Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran*

Abstract The current study aims to scrutinize the theta/beta-ratio (TBR) brain oscillatory activities during T/F test of reading comprehension. The research utilized a quasi-experimental design. Thirty intermediate EFL learners (15 males, 15 females) were selected to participate in the study. They completed T/F-reading-test, while their brain oscillations were measured using quantitative electroencephalography (QEEG). Results revealed significant differences between the values indicating TBR before- and while-doing the test. Similarly, the topographic findings showed decrease in TBR power on the Fz, Pz and Cz regions of the brain under the task of reading and suggested the promising role of the reading comprehension T/F test at the intermediate level in modifying the TBR power and raising internally directed attention. The study has implications for all scholars in the field of TEFL to apply interdisciplinary approaches and to highlight the importance of reading comprehension tests to enhance attention.

Keywords: *Quantitative Electroencephalography; Reading Comprehension; Theta/Beta Ratio*

1. Introduction

Attention is a requisite for reading fluency and comprehension (LaBerge & Samuels, 1974). The ability to manage attention to a subject and concentrate on a peculiar goal for a long period of time is identified as sustainable attention. Sustainable attention is needed for skillful reading since it provides an active process of preparation to persuade the reader to read the text completely. It also improves cognitive text comprehension (Niazifar & Shakibaei, 2019).

Please cite this paper as follows:

Zeraatpishe, M., Farrokh Alaee, F., & Baradarn Farshchi, F. (2024). Intermediate EFL learners' theta/beta-ratio power changes during reading comprehension. *Language and Translation Studies*, *57*(1), 155-177. https://doi.org/10.22067/lts.2024.89046.1272

[*] **Corresponding Author:** zeraatpisheh4491@mshdiau.ac.ir

© 2024 LTS. All rights reserved

As a complicated cognitive process, reading comprehension requires several brain activities (Liu et al., 2023). However, there is scant literature on the processes and events in the brain during reading and how these brain activities can affect the information retrieval process. With the progress in technology and the application of brain imaging devices, such as electroencephalogram (EEG), the researchers are able to gather brain waves in approximately real-time and examine whether they can be used as objective feedback to facilitate information acquisition performance (Thornton, 2002). During cognitive activities, each related area of the brain produces signals which can be estimated by neuroimaging devices, such as EEG. Each brain wave (signal) represents a special kind of behavior (Guyton & Hall, 2006). Given that attentional control is the most important cognitive behavior in reading comprehension, TBR power as a representative of the inattention state is an appropriate brain wave for investigation. Putman et al. (2014) recorded EEG signals of 77 participants and the results indicated that TBR pre-frontally is a biomarker of anxiety-cognition interaction. The participants were assessed by attentional control in addition to undergoing a stress induction procedure under controlled conditions. Self-report visual analog scales were applied to measure anxiety. The analyzed EEG data indicated that TBR defined 28% of the variance in the stress-induced decline of self-reported-attentional control. In line with Putman et al. (2014), Angelidis et al. (2018) found a negative correlation between attention-control and frontal TBR. In their study, 39 healthy female participants aged 18 to 31 were tested for Spilberger's State-Trait Anxiety Inventory and the Attentional Scale (Derryberry & Reed, 2002). Additionally, TBR EEG recordings from Fz, F3, and F4 were analyzed.

Recently, scholars have increasingly recognized brain oscillations as a convenient tool to understand substrate neuronal mechanisms involved in memory formation (Daube & Rubin, 2009). In the same fashion, this study examined the alleged changes of TBR power—as an indicator of attention—during T/F test of reading comprehension. Additionally, it aimed to assess and control for the influence of gender as an intervening variable.

2. Method

A total of 53 Iranian EFL students aged between 20 to 30 volunteered to take the pre-test (OPT, r=.76). From this group, 30 students (15 males, 15 females) were selected as the homogenous sample of the study. Participants with a band score of 30 to 39 were classified as having an intermediate language level. All participants were right-handed, non-native speakers, with no history of traumatic or psychological disorders. They took *Preliminary Reading Test* (PET, r=.57) while their brain signals were recorded by QEEG. The recorded waveforms reflect the cortical electrical activity. This device featured a cap with electrodes, which participants wear after adjusting to ensure proper electrode placement on their scalps. The QEEG signals were recorded in a sound-attenuated and dimly lit environment. In addition to brain waves, the device provided the researcher with color-coded brain maps to show the activated regions of the brain during the recording processes.

3. Results

The study used SPSS to analyze the data collected by the QEEG device. The Shapiro-Wilk test indicated a normal distribution of the data. A dependent sample *t*-test statistics revealed significant differences between TBR power ranges before and during the reading test on Pz (p=0.00), Cz (p=0.026), and Fz (p=0.00). To compare the scores of male and female language learners in different stages of TBR strength, an independent sample t-test was used. The results showed that there was no statistically significant difference (p>0.05) between the mean scores of the two groups regarding TBR changes before and during the reading test.

The topographic comparison of brain maps indicated changes in TBR power, particularly in frontal and parietal areas of the brain. Approximately 22 out of 30 participants showed lower activity of theta and higher activity of beta in frontal (F3, F4, and Fz) and parietal (P3, P4, and Pz) regions of the brain, suggesting a reduction in TBR during the task.

4. Discussion and Conclusion

The study's findings suggested the promising role of the reading comprehension test (T/F type) at the intermediate level in modifying the TBR power and raising internally directed attention. The color-coded brain maps reported lower activity in Fz, Pz, and Cz areas of the brain during the reading comprehension test, indicating its positive effect on inattentional states caused by TBR oscillations. The Fz region, associated with self-generated thought and internally directed attention, plays a crucial role in focusing on internal processes rather than external stimuli (Benedek et al., 2016). Additionally, the Pz region, located in the parietal lobe and includes Brodmann areas 7, 5, and 19, involved in attentional shifting and self-awareness, which are key to learning (Brodmann, 1909). These areas are known to support memory, cognitive functions and attention (Brodmann, 1909; Guyton & Hall, 2006).

The findings of the study may assist policymakers and curriculum designers in creating activities and tasks that enhance students' reading comprehension. English instructors may also benefit from these results by using noninvasive neuroimaging devices to assess attention during reading tasks and tailor their teaching accordingly. Future research is suggested to explore brain regions and oscillations involved in the process of FL/SL learning and testing, as well as to examine whether the changes in brain waves induced by tasks or teaching sessions are temporary or long-lasting.

DOI: 10.22067/lts.2024.89046.1272

مطالعات زبان و ترجمه، دورهٔ ۵۷، شمارهٔ ۱ (۱۴۰۳)، صص. ۱۵۵-۱۷۷

تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۶/۰۶/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱ تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲

بررسی تغییرات نوسانی امواج مغزی توجّه و تمرکز زبان‌آموزان زبان انگلیسی به‌عنوان زبان خارجی در حین آزمون درک مطلب استنتاجی خواندن

میترا زراعت‌پیشه[1*]، فرناز فرخ علایی[1]، فرناز برادران فرشچی[1]

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران [1]

چکیده پژوهش بین‌رشته‌ای حاضر به بررسی فعّالیّت‌های ارتعاشی مغزی نسبت تتا / بتا (TBR) حین انجام آزمون خواندن درک مطلب می‌پردازد. سی‌نفر زبان‌آموز سطح متوسّط (۱۵ مرد،۱۵ زن) در این مطالعه شرکت کردند. شرکت‌کنندگان آزمون خواندن و درک مطلب را جواب دادند درحالی‌که ارتعاشات مغزی آنها با استفاده از دستگاه «الکتروانسفالوگرافی کمّی» (QEEG) اندازه‌گیری می‌شد. نتایج تحقیق نشان داد تفاوت‌های معناداری بین مقادیر TBR (شاخص توجّه) قبل و در حین انجام آزمون خواندن وجود دارد. به‌طور مشابه، یافته‌های توپوگرافی کاهش قدرت TBR در مناطق Fz و Pz مغز در حین انجام آزمون خواندن را نشان می‌دهد که بیانگر نقش مهم آزمون درک مطلب استنتاجی در افزایش توجّه داخلی است. این مطالعه برای تمام محقّقان رشتهٔ آموزش جهت استفاده از رویکردهای بین‌رشته‌ای و در نظر گرفتن اهمّیّت آزمون‌های خواندن و درک مطلب به منظور افزایش توجّه مفید است.

کلیدواژه‌ها: : الکتروانسفالوگرافی کمّی، توجّه، خواندن درک مفاهیم، نسبت تتا به بتا

۱. مقدّمه

«توجّه» پیش‌نیاز یادگیری ا ست (لابرژ و ساموئلز[1]، ۱۹۷٤). «توجّه» اطمینان می‌دهد که دانش از حافظهٔ حسی به حافظهٔ کوتاه‌مدّت منتقل شود تا برای پردازش‌های بیشتر استفاده شود و در این انتقال نکات مهم برجسته و انتخاب می‌شوند (شانک[2]، ۲۰۱۱). معمولاً در مراحل اوّلیهٔ پردازش اطّلاعات نیاز ما به «توجّه» بیشتر است. بااین‌حال، آزمون‌هایی برای اندازه‌گیری

[1]. LaBerge & Samuels
[2]. Schunk

* نویسندهٔ مسئول: میترا زراعت‌پیشه zeraatpisheh4491@mshdiau.ac.ir

© 2024 LTS.
All rights reserved

«توجّه» وجود دارند که معمولاً تنها نقطه پایانی چند فرآیند ادراکی و شـــناختی مانند حافظهٔ بصـــری و مهارت‌های حرکتی دقیق هدایت‌شـــده تصـــویری را اندازه‌گیری می‌کنند (وکســـلر[1]، ۱۹۹۱). سرجنت[2] (۱۹۹۶) سه نوع از «توجّه» را مورد بررسی قرار داد: توجّه بصری، شنوایی و لامسه. بنا به نظر سرجنت، توجّه بصری چندبُعدی است که شامل متغیرهای روان-فیزیولوژیکی و شـــناختی هســـتند. به‌عنوان‌مثال، توجّه انتخابی فرآیندی اســـت که در آن با تحت تأثیر قرار گرفتن در تحریکات مرتبط، تحریکات غیر مرتبط توسّط فرد تضعیف می‌شوند.

طبق علوم اعصاب محاسباتی، عملکردهای اجرایی مانند توجّه می‌توانند با تخمین موج مغزی نماینده اندازه‌گیری شـــوند (گایتون و هال[3]، ۲۰۰۶). یافته‌های قبلی علوم اعصـــاب محاســـباتی نشان داد که نسبت تتا / بتا اندازه‌گیری وضعیتی قابل اعتمادی از کنترل توجّه در فهم زبان است (سوارت و همکاران[4]، ۲۰۲۰). نوسانات مغزی می‌توانند با استفاده از تکنیک‌ها و نرم‌افزارهای مختلف اندازه‌گیری شوند؛ یکی از آنها الکترواِنسفالوگرافی (EEG) است. EEG با استفاده از الکترودهای کوچکی که بر روی سر فرد قرار می‌گیرند، موج‌های مغزی را ثبت می‌کند و سپس امواج را بر اســـاس فرکانس و قدرت گزارش می‌کند تا با شـــاخص‌های ثابت جهانی مقایســـه گردد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

۲. ۱. خواندن، درک مطلب و توجّه

مهارت‌های آموزشی مانند خواندن می‌توانند به‌خوبی بهبود عملکردهای شناختی اساسی مانند توجّه را پیشگویی کنند. وانگ و همکاران[5] (۲۰۲۲) متوجّه شدند که یادگیری خواندن مشکلات توجّه را در قسمت میانی ژایرس[6] (در قسمت جلویی مغز) کاهش می‌دهد این قسمت مغز مرکز

1. Wechsler
2. Sergeant
3. Guyton & Hall
4. Swart et al.
5. Wang et al.
6. Gyrus

بسیار مهم در فرایندهای توجّه و خواندن است. علاوه بر این، بهبود قابل توجّهی در توسعهٔ توجّه ایجاد می‌کند. وقتی حجم مادهٔ خاکستری در ژایرس پیشین میانی چپ افزایش می‌یابد، این فرایند ارتباطی بین قسمت فوقانی و قسمت میانی مرتبط به توجّه به‌صورت افزایشی ایجاد می‌شود. این ارتباطات فزاینده بین توجّه و بهبود خواندن توسّط شبکهٔ مغزی پشتیبانی می‌شوند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، نظریّهٔ «خودکارسازی»[1] ادّعا می‌کند که توجّه پیش‌نیازی برای روان‌سازی خواندن و درک مطلب است (لابرژ و ساموئلز[2]، ۱۹۷٤). توجّه پایدار برای خواندن حرفه‌ای امری لازم است؛ زیرا فرایند تشویقی را برای متقاعد کردن خواننده به خواندن متن به‌طور کامل فراهم می‌کند (لابرژ و ساموئلز، ۱۹۷٤). توانایی مدیریت توجّه به یک موضوع و تمرکز بر یک هدف خاص برای مدّت طولانی به‌عنوان توجّه پایدار شناخته می‌شود. چنین توجّهی درک مطلب شناختی را بهبود می‌بخشد (لابرژ و ساموئلز، ۱۹۷٤)؛ چراکه مشکلات درک از کمبود تمرکز و توجّه ناشی می‌شوند (نیازی‌فر و شکیبایی[3]، ۲۰۱۹).

به‌عنوان یک فرآیند شناختی پیچیده، خواندن و درک مطلب نیازمند چندین فعّالیّت مغزی است (نیازی‌فر و شکیبایی، ۲۰۱۹). بااین‌حال، اطّلاعات کمی دربارهٔ فرآیندها و رویدادهای درگیر در قشر مغز در حین خواندن و نحوهٔ تأثیر این فعّالیّت‌های مغزی بر فرآیند بازیابی اطّلاعات وجود دارد. با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از دستگاه‌های تصویربرداری مغزی مانند الکتروانسفالوگرام(EEG) ، برای تسهیل عملکرد دریافت اطّلاعات استفاده می‌شود (لیو و همکاران[4]، ۲۰۲۳). با استفاده از این دستگاه‌ها پژوهشگران قادر به جمع‌آوری موج‌های بازخوردی مغزی به‌صورت تقریباً زمان‌بندی‌شده و تحلیل آنها هستند.

[1]. Automatization theory
[2]. LaBerge & Samuels
[3]. Niazifar & Shakibaei
[4]. Liu et al.

۲. ۲. خواندن و موج TBR

در طول فعّالیّت‌های شناختی، هر ناحیه از مغز سیگنال‌هایی مرتبط تولید می‌کند که می‌توان با استفاده از دستگاه‌های نوروتصویربرداری مانند EEG آنها را ضبط کرد. هر موج مغزی (سیگنال) نوع خاصّی از رفتار را نشان می‌دهد. کنترل توجّه مهم‌ترین رفتار در خواندن و درک مطلب است، بررسی قدرت موج TBR به‌عنوان شاخص حالت عدم توجّه، موج مغزی مناسبی برای بررسی میزان توجّه در حین خواندن است (پاتمن و همکاران[1]،۲۰۱٤).

به همین ترتیب، پاتمن و همکاران (۲۰۱٤) سیگنال‌های مغزی ۷۷ شرکت‌کننده را ضبط کردند و نتایج نشان داد که TBR پیشانی به‌عنوان یک نشانگر بیولوژیکی از تعامل اضطراب شناخت است. پس از ضبط امواج مغزی مرتبط، شرکت‌کنندگان به همراه یک روش کنترلی تحت تأثیر استرس ارزیابی شدند. مقیاس‌های آنالوگ بصری خودگزارشی[2] برای اندازه‌گیری اضطراب استفاده شدند. داده‌های تحلیل‌شدهٔEEG نشان داد که موج TBR حدوداً ۲۸٪ از تغییرات کاهشی استرس در کنترل توجّه و افزایش میزان آن را تعریف می‌کند.

در تأیید پاتمن و همکاران (۲۰۱٤)، آنجلیدیس و همکاران[3] (۲۰۱۸) در یک تحقیق کلینیکی مشابه همبستگی منفی بین کنترل توجّه و TBR پیشانی را پیدا کردند. در مطالعهٔ آنها، ۳۹ شرکت‌کنندهٔ زن (۱۸ تا ۳۱ ساله) که از لحاظ مغزی سالم و نرمال بودند جهت ارزیابی مقیاس اضطراب حالت ویژگی اسپیلبرگر[4] (تست اضطراب پنهان و آشکار) و مقیاس توجّه دری بری و رید (2000) آزمایش شدند. در این آزمایش امواج TBR به‌عنوان شاخص توجّه در ناحیه F3,F4 و Fz که نواحی لب جلویی مغز هستند ضبط و بررسی گردید.

---

1. Putman et al.
2. self-report visual analog scales
3. Angelidis et al.
4. Spilberge

در حال حاضر، برخی از مطالعات سعی دارند تا اثربخشی یا نقش پیش‌بینی‌کنندهٔ TBR در خواندن و درک مطلب را بررسی کنند. کلارک و همکاران[1] (۲۰۱۹) با استفاده از نمونه‌ای از بزرگ‌سالان سالم (بدون سابقهٔ بیماری روانی یا ضایعهٔ مغزی) گزارش دادند که TBR در مقایسه با حالت برانگیختگی نشانگر قوی‌تر در پردازش شناختی است. در یک مطالعه[2] ERP، پیکن و همکاران[3] (۲۰۲۰) رابطهٔ مستقیم معنادار TBR با طولانی شدن P300 (پتانسیل درونزا که مرتبط به واکنش فرد و نه تحریک محیطی است) را در پشتیبانی از اثر معکوس این سیگنال بر پردازش شناختی پیدا کردند. سوارت و همکاران[4] (۲۰۲۰) در یک مطالعه تجربی، قدرت TBRلوب پیشانی ۲٤ دانشجوی زن سالم در سطح کارشناسی را در طول آزمون خواندن (دو متن خواندن با و بدون کلمات بی‌معنی) اندازه‌گیری کردند. مطالعه از روش سه‌گانه استفاده کرد: اندازه‌گیری قدرت TBR، خودگزارش رؤیاپردازی ناسازگار[5] و پرسشنامه دربارهٔ کنترل توجّه در زندگی روزمره. یافته‌ها نشان داد که TBR پیشانی وضعیت و مقدار قابل اعتمادی از کنترل توجّه در حین خواندن است. کنترل توجّه در وظایف شناختی برای یادگیری ضروری است. توجّه متمرکز[6] شده و پایدار[7] به تک‌تک کلمات آموخته‌شده برای فعّال‌سازی روانی و بسندگی خواندن ضروری است (سوارت و همکاران، ۲۰۲۰).

اخیراً، محقّقان به‌تدریج متوجّه شده‌اند که نوسانات مغزی به‌عنوان یک ابزار مناسب برای شناسایی مکانیزم‌های عصبی مرتبط با تشکیل حافظه هستند. آنها نتیجه گرفتند که هرگونه تضعیف یا افزایش در قدرت نوسانی مغز با ظهور حافظه همراه است (دوب و روبین،[8] ۲۰۰۹). تا آنجایی که تحقیقات نشان می‌دهد رابطهٔ رفتارهای یادگیری مثل مهارت‌های زبانی در مطالعات

1. Clarke et al.
2. even-related-potential
3. Picken et al.
4. Swart et al.
5. self-reported wandering
6. focused attention
7. sustained attention
8. Daube & Rubin

گذشته خصوصاً در موردهای سالم و نرمال (بدون مشکل یا ضایعهٔ مغزی) به‌عنوان یک تحقیق بین‌رشته‌ای مورد بررسی قرار نگرفته است. به همین دلیل، این مطالعه رابطهٔ احتمالی بین خواندن و درک مطلب استنتاجی و تغییرات قدرت TBR (به‌عنوان یک شاخص مهم در اندازه‌گیری توجّه) را بررسی می‌کند. هدف پژوهش این است که تأثیرات احتمالی آزمون درک مطلب خواندن استنتاجی را بر موج TBR به‌عنوان شاخص توجّه نسبتاً پایدار بررسی کند و تغییرات حاصل‌شده را در جهت تعدیل این موج موشکافی کند؛ و درنهایت، این مطالعه در پی بررسی عامل جنسیت به‌عنوان یک متغیر احتمالاً مؤثر است.

۳. روش پژوهش

مطالعهٔ حاضر شبه آزمایش مداخله‌ای تجربی است که برای تخمین تغییرات موج TBR در جمعیت هدف بدون انتساب تصادفی به کار گرفته شده است.

۳. ۱. شرکت‌کننده‌ها

۵۰ دانشجوی ایرانی رشتهٔ آموزش زبان انگلیسی (که سن آنها بین ۲۰ تا ۳۰ سال بود) برای شرکت در پیش‌آزمون «آکسفورد» (OPT) (r=.76) داوطلب شدند. ۳۰ دانشجو (۱۵ پسر و ۱۵ دختر) به‌عنوان نمونهٔ همگن از نظر سطح زبانی انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان با امتیاز گروهی ۳۰ تا ۳۹ به‌عنوان سطح زبانی متوسّط طبقه‌بندی شدند. آزمودنی‌ها دانشجوی دختر و پسر، همگی راست‌دست بودند. تحقیق حاضر در مشهد، استان خراسان رضوی انجام شد. شرکت‌کنندگان همگی سالم و بدون پیشینهٔ آسیب مغزی و دارای سلامت روانی بودند.

۳. ۲. ابزار پژوهش

۳. ۲. ۱. آزمون درک مطلب

آزمون خواندن و درک مطلب در این مطالعه، آزمون استاندارد اقتباسی از آزمون استاندارد خواندن مقدماتی PET[1] (r=.75) بود. آزمون شامل ده سؤال استنتاجی درست و نادرست بود. شرکت‌کنندگان در جلسهٔ ضبط مغزی متن ارائه‌شده در آزمون را خواندند و به سؤالات درست/نادرست پاسخ دادند.

۳. ۲. ۲. دستگاه الکتروانسفالوگرافی کمی

دستگاه الکتروانسفالوگرافی کمّی (QEEG) به‌طور گسترده در رابط‌های مغز و کامپیوتر و علوم اعصاب استفاده شده است (بارانوسکا[2]، ۲۰۲۲؛ سیه و همکاران[3]،۲۰۲۲). نقشه‌برداری مغزی غیر تهاجمی (QEEG) برخلاف اسکن SPECT یاPET بدون درد و تزریق استالکتروانسفالوگرافی کمّی تکنیک تصویربرداری عصبی است که فعّالیّت مغز را به‌عنوان سیگنال‌هایی که از نواحی مختلف مغز می‌آیند و توسّط الکترودهایی که روی پوست سر قرار می‌گیرند ضبط و اندازه‌گیری می‌کند (سیهو همکاران، ۲۰۲۲). شکل موج‌های ثبت‌شده، منعکس‌کنندهٔ فعّالیّت الکتریکی قشر مغز است. این دستگاه از یک کلاهک که جایگاه الکترودهای رسانا هست تشکیل شده است. شرکت‌کنندگان باید کلاه را به سر بگذارند و با تغییر اندازهٔ آن الکترودها در نواحی صحیح پوست سر آنها قرار می‌گیرد. سیگنال‌های QEEG در محیطی با نور ضعیف و بدون پارازیت ضبط می‌شوند. جهت کنترل پارازیت محیط کلینیکی ثبت امواج محیطی با عایق صدا و دارای چاه ارت جهت کنترل انواع صدا است. در ضمن پس از ثبت دستگاه به‌طور خودکار امواج تمیز و بدون پارازیت را گزارش می‌کند تا پارازیت‌های احتمالی

---

1. Preliminary English Test
2. Baranowska
3. Xie, et al.

ایجادشده توسّط داوطلبان (مثل تکان‌های زیادی و یا تپش قلب و...) درنتیجه گزارش تغییری ایجاد نکنند.

این دستگاه علاوه بر امواج مغزی، نقشه‌های مغزی با کد رنگی برای نشان دادن مناطق فعال مغز در طول فرآیندهای ضبط را نیز در اختیار محقّق قرار می‌دهد. دستگاه استفاده شده در این مطالعه یک Mini QEEG (Bioline) بود که سیگنال‌های مغزی را از لوب‌های مرکزی (C3, C4، Cz)، پیشانی (Fz ،F3, F4) و گیجگاهی (Pz ،P3, P4) مغز ثبت می‌کرد. نرخ نمونه‌برداری EEG۵۰۰ هرتز و امپدانس‌ها بیشتر از ۲۰۰ اهم بودند و سطح آلودگی الکترومغناطیسی زیر یک‌سوم انرژی کل سیگنال نگه داشته شده بود. دستگاه از فیلتر اکتساب پیش‌پردازش حذفی[1] استفاده می‌کرد و دوره‌ها[2] هر ۲ ثانیه محاسبه می‌شد. میانگین سیگنال‌های RMS۲ ثانیه‌ای که عاری از پارازیت شده بودند به‌عنوان سیگنال ضبط‌شده مورد بررسی در نظر گرفته شد.

۳. ۳. روش

پس از تعیین نمونه تحقیق، سوابق QEEG بالینی از شرکت‌کنندگان در دو حالت گرفته شد: اوّل، ضبط پنج‌دقیقه‌ای وضعیت چشم‌بسته و چشم‌باز به‌عنوان حالت استراحت و جلسهٔ دوم QEEG بعد از ۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه ثبت امواج مغزی در حین انجام آزمون استنتاجی درک مطلب خواندن بود. جلسه تحت تکلیف (آزمون درک مطلب) برای بررسی تغییرات احتمالی امواج مغزی ضبط گردید.

در اوّلین مرحله به مدّت پنج دقیقه در حالت استراحت، شرکت‌کنندگان بدون انجام هیچ کاری با چشمان باز در یک صندلی راحت قرار گرفتند. در مرحلهٔ دوم زبان‌آموزان در صندلی مخصوص شروع به جواب دادن آزمون خواندن و درک مطلب کردند درحالی‌که امواج مغزی

[1]. elimination pre-processing acquisition filter
[2]. epochs

آنها با دستگاه QEEG ضبط و ثبت می‌گردید. پیرو مطالعات آنجلیدیس و همکاران (۲۰۱۸)؛ کاروالیو و همکاران[1] (۲۰۱۵)؛ گونگورا و همکاران[2] (۲۰۱۶)؛ گایتون و هال (۲۰۰۶)؛ هر و همکاران[3] (۲۰۱۹)؛ لاماس آلونسو و همکاران[4] (۲۰۱۹)؛ و سون و همکاران[5] (۲۰۱۹) موج TBR ازنقاط Fz، Pz و Cz ثبت و تجزیه‌وتحلیل شد. برای به دست آوردن اطّلاعات بدون پارازیت، از شرکت‌کنندگان خواسته شد قبل از جلسات ضبط، قهوه ننوشند یا قرص یا داروی محرک استفاده نکنند. پاسخنامه به‌گونه‌ای طراحی شده بود که می‌توانستند به‌راحتی و بدون جابجایی زیاد به سؤالات پاسخ دهند.

٤. یافته‌های تحقیق

٤. ١. یافته‌های آماری

تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار SPSS دو آزمون آماری آزمون t وابسته و مستقل را انجام داد. مفروضات اوّلیه رویّه‌های آماری در مطالعهٔ حاضر، موارد پراکنده و پرت[6]، نرمال بودن، خطی بودن[7]، همسویی بودن و استقلال[8] مشاهدات مورد بررسی قرار گرفت. نرمال بودن توزیع نمرات با استفاده از آزمون شاپیرو[9] (جدول ۱) ارزیابی شد.

1. Carvalho et al.
2. Gongora et al.
3. Her et al.
4. Llamas-Alonso et al
5. Son et al.
6. outliers
7. linearity
8. homoscedasticity, and independence
9. Shapiro

جدول ۱. آزمون‌های نرمال بودن شاپیرو برای زبان‌آموزان EFL

آزمون شاپیرو-ویلک			
سطح معناداری	درجه آزادی	آماره	
۰/٤٦	۲۸	۰/۹٦	قبل از آزمون خواندن
۰/۲۸	۲۸	۰/۹۵	در حین آزمون خواندن
۰/۱۸	۲۸	۰/۹۰	نمرات آزمون خواندن

توجّه: پایین‌ترین حد معناداری واقعی در تحلیل بالا استفاده شده است. سطح معناداری لیلیفور[1]

نتایج آزمون شاپیرو توزیع نرمال را نشان داد. برای خلاصه‌کردن حجم زیاد داده‌ها میانگین، میانگین بریده‌شده[2] و انحراف معیار داده‌های نمونه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. میانگین نمره‌های آزمون خواندن (PET) ۲۲/۸٤۵ و میانگین برش ۲۲/۷۳٤، میانه ۲۲/۲۹۵، واریانس (۱۸/۷٤۷) و انحراف معیار (٤/۳۲۹) نیز اندازه‌گیری شد. برآورد داده‌های به‌دست‌آمده بیانگر آمار توصیفی مجموعه داده‌ها بود.

علاوه بر این، نمودارهای «ای»[3] برای فرکانس‌های موج بتا قبل از آزمون خواندن و همچنین نمرات آزمون خواندن هیچ موردی را به‌عنوان مورد پرت نشان ندادند. درحالی‌که نمودارهای جعبه‌ای برای فرکانس‌های موج بتا در حین خواندن، یک مورد را به‌عنوان یک حالت پرت نشان دادند که از تجزیه‌وتحلیل آماری بعدی حذف شد. علاوه بر این، فرض خطی بودن از طریق نمودارهای چندک چندک[4] برای مقایسه امواج مغزی افراد نیز بررسی شد. یک خط مستقیم منطقی توزیع نرمال را نشان داد.

1. Lilliefors Significance Correction
2. Trimmed mean
3. boxplot
4. Q-Q plot

نمودار پراکندگی[1] نشان داد که باقی‌مانده‌ها[2] تقریباً به‌صورت مستطیل توزیع شده‌اند و بیشتر موارد در مرکز متمرکز شده‌اند و بر نرمال بودن و همسانی بودن تأکید دارند. آخرین فرض برای همبستگی در این مطالعه استقلال مشاهدات بود که نشان داد مشاهده یا اندازه‌گیری تحت تأثیر سایر مؤلفه‌های گروه قرار نمی‌گیرد. برای چک کردن تغییرات احتمالی موج TBR در سه نقطهٔ Fz,Pz و Cz آزمون تی وابسته انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه جفتی (آزمون تی وابسته) امواج TBR در نقاط Fz, Pz و Cz در مرحله استراحت و در مرحله تحت آزمون

اختلاف دوتایی								
				فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلاف میانگین				
	سطح معناداری	درجه آزادی	ضریب همبستگی	حد بالا	حد پایین	معیار میانگین خطاها	انحراف معیار	میانگین
Pz قبل از آزمون خواندن در حین آزمون خواندن	./۰۰	۲۷	-۱۰/۷۳	-۲/۷۰	-۳/۹۹	./۳۱	۱/۶۵	-۳/۳۵
Fz قبل از آزمون خواندن	./۰۰	۲۷	۱۰/۸۱	-۲/۰۳	-۲/۹۹	./۲۳	۱/۲۳	-۲/۵۱

[1]. scatterplot
[2]. residuals

در حین آزمون خواندن								
Cz قبل از آزمون خواندن	−۱/۰۱	۲/۲۷	/۴۲	−۱/۸۹	/۱۲	−۲/۳۵	۲۷	/.۲۶
در حین آزمون خواندن								

همان‌طور که جدول بالا اشاره می‌کند، تفاوت معناداری بین مقادیر ثبت‌شده از موج TBR در سه نقطهٔ Fz,Cz و Pz قبل و حین انجام آزمون خواندن وجود دارد و با توجّه به میانگین به‌دست‌آمده مقادیر TBR در حین انجام آزمون درک مفاهیم خواندن کاهش پیدا کرده که نمایانگر افزایش توجّه و تمرکز پایدار است. برای مقایسهٔ نمرات زبان‌آموزان دختر و پسر در مراحل مختلف قدرت TBR آزمون تی نمونه‌ای مستقل اجرا شد. نتایج نشان داد که از نظر آماری تفاوت معناداری بین میانگین نمرات زن و مرد وجود ندارد (جدول ۳).

جدول ۳. آزمون تی مستقل جهت مقایسه مقادیر موج TBR در دو گروه دختر و پسر

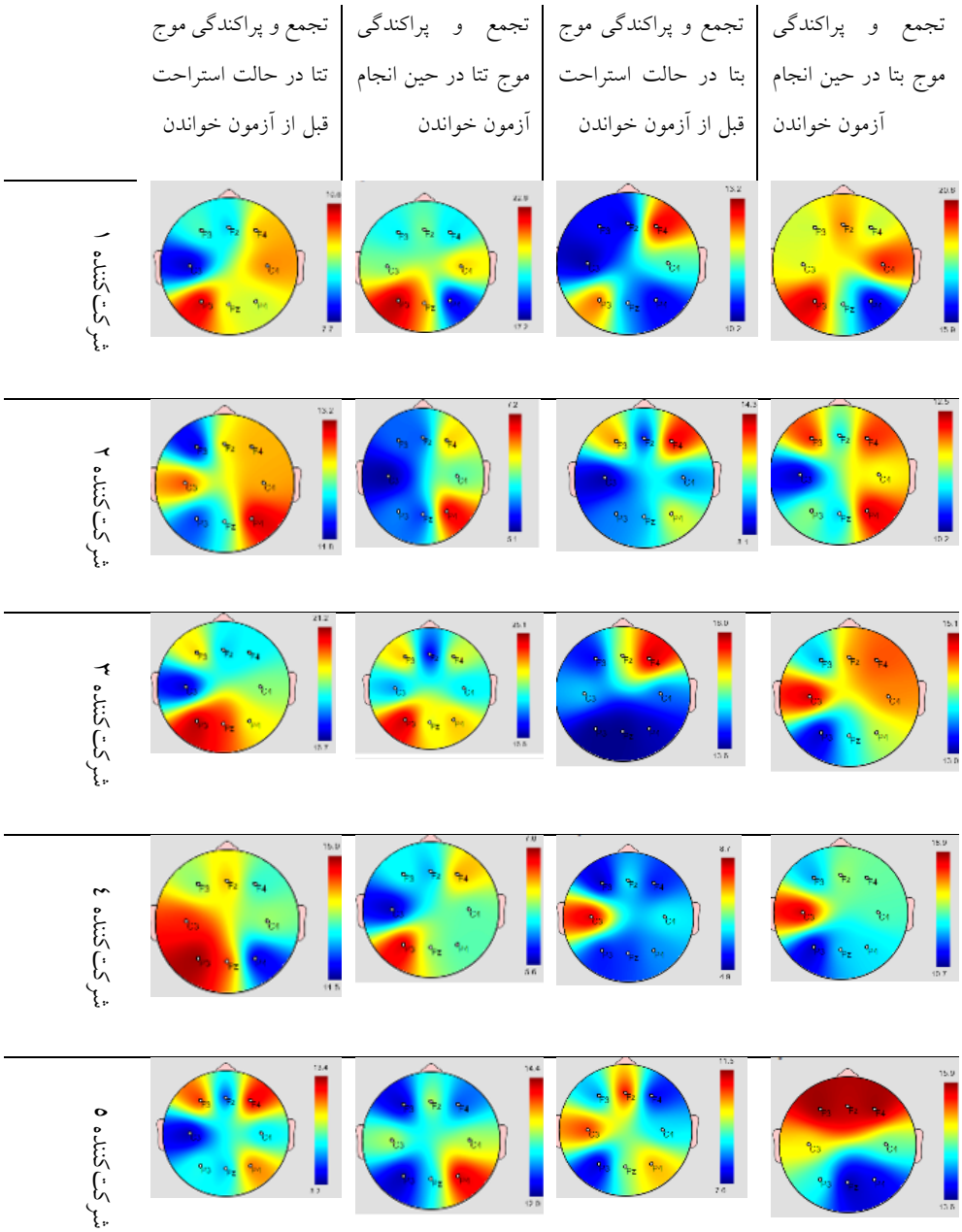
		ضریب همبستگی	درجه آزادی	سطح معناداری (طرفه-2)	معیار میانگین خطاها	انحراف از معیار	
Fz در مرحله استراحت	فرض برابری واریانس‌ها	1/82	28	0/08	0/2۱	0/11	
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	1/82	24/71	0/0۸	0/21	0/11	
Fzدر حین آزمون خواندن	فرض برابری واریانس‌ها	1/50	28	0/14	0/18	0/11	
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	1/50	25/95	0/14	0/18	0/11	
	فرض برابری واریانس‌ها	-0/57	28	0/56	-0/06	0/11	

Pz در مرحله استراحت	بدون فرض برابری واریانس‌ها	-0/57	23/37	0/56	-0/06	0/11
Pz در حین آزمون خواندن	فرض برابری واریانس‌ها	-1/50	28	0/14	-0/22	0/15
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	-1/50	23/25	0/14	-0/22	0/1٥
Cz در مرحله استراحت	فرض برابری واریانس‌ها	-0/57	28	0/56	-0/06	0/11
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	-0/57	25/47	0/56	-0/06	0/11
Cz در حین آزمون خواندن	فرض برابری واریانس‌ها	-0/46	28	0/64	-0/06	0/14
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	-0/46	24/786	0/64	-0/06	0/14
آزمون خواندن	فرض برابری واریانس‌ها	0/31	28	0/75	0/26	0/85
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	0/31	27/85	0/75	0/26	0/85
پیش‌آزمون	فرض برابری واریانس‌ها	0/21	28	0/83	0/4٠	1/90
	بدون فرض برابری واریانس‌ها	0/21	27/03	0/83	0/40	1/90

ازآنجایی‌که همهٔ مقادیر معنی‌دار بالای ۰,۰۵ هستند، تفاوت معناداری در میانگین نمرات تغییرات نسبت TBR در مردان و زنان و نمرات زبان وجود ندارد.

٤. ۲. یافته‌های توپوگرافی

QEEG نقشه‌های مغزی با کد رنگی شرکت‌کنندگان را در اختیار محقّق قرار می‌دهد. نقشه‌های مغز نمونه (سی شرکت‌کننده) در حالت‌های استراحت و حین انجام خواندن مقایسه شد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه توپوگرافی نقشه‌های مغزی در حالت استراحت و در حین انجام آزمون خواندن درک مطلب (نمونه‌ای ۵ نفره)

مقایسهٔ توپوگرافی نقشه‌های مغزی نشان‌دهندهٔ تغییرات قدرت TBR به‌ویژه در نواحی فوقانی و گیجگاهی مغز بود. حدود ۲۲ نفر از ۳۰ شرکت‌کننده، فعّالیّت کمتر تتا در مقایسه با فعّالیّت بیشتر بتا در نواحی فوقانی (Fz, F3, F4) و جداری/گیجگاهی (P3, P4 و Pz) مغز نشان دادند که نشان‌دهندهٔ کاهش TBR در حین انجام آزمون خواندن است؛ که این فرایند تثبیت توجّه پایدار در این نواحی در حین انجام آزمون درک مطلب را نشان می‌دهد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعهٔ حاضر به‌طور تجربی تغییرات توان موج TBRرا در حین آزمون درک مطلب خواندن فراگیران زبان انگلیسی (در سطح متوسّط) مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که بین توان نسبی موج TBR در نواحی مغز Fz، Cz و Pz قبل و حین انجام آزمون خواندن تفاوت معناداری وجود دارد؛ که این خود نمایانگر کاهش امواج TBR و درنتیجه بالا رفتن توجّه پایدار در مغز در حین انجام آزمون خواندن (T/F) است. خواندن مهارتی چندوجهی است و چیزی فراتر از درک معانی سطحی کلمه است. نیاز به فرآیندهای توجّه متمرکز و پایدار دارد (لافر و نیشن[1]، ۱۹۹۵). ازآنجایی‌که TBR نشانگر حالت بی‌توجّهی ذهنی است (انجلیدیسو همکاران، ۲۰۱۸)، این مطالعه بر آن شد تا کاهش قدرت این امواج مغزی را در حین آزمون درک مطلب گزارش کند (پاتنام و همکاران، ۲۰۱٤). کاهش TBR برای فرآیندهای توجّه و تمرکز مطلوب است (مارکوس و همکاران[2]، ۲۰۱٦).

لوب جلویی شامل نواحی F3,F4 و Fz است (گایتون و هال، ۲۰۰٦) که نواحی برادمن[3] شمارهٔ ٦ (قدامی قشر حرکتی اوّلیه واقع در لوب جلویی)[4]، شمارهٔ ۸ (قسمتی از قشر پیشانی در مغز انسان که در جلوی قشر پیش حرکتی قرار دارد)، شمارهٔ ۹ (قشر جلوی پیشانی قدامی پشتی

[1]. Laufer & Nation
[2]. Marcuse et al.
[3]. Brodmann
[4]. Anterior to the primary motor cortex situated in the frontal lobe

جانبی[1] که توجّه و حافظهٔ کاری[2] را مدیریت می‌کند)، شمارهٔ ٤ (شکنج ادراکی)[3]، شمارهٔ ۱۹ (نواحی بینایی پس‌سری)، شمارهٔ ۵ (ناحیهٔ ورودی حسی) و شمارهٔ ۳ (شکنج پس مرکزی[4] که با نواحی مغز در تمام لوب‌های مغز مرتبط هستند) را شامل می‌شود. مناطق برادمن شمارهٔ ۸، ٦ و ۹ ناحیه Fz را شامل می‌شوند که این نواحی به حافظه، عملکردهای شناختی و توجّه نسبت داده می‌شوند (برادمن، ۱۹۰۹؛ گایتون و هال، ۲۰۰٦). کاهش فرکانس موج تتا و افزایش فرکانس‌های بتا (کاهش TBR) در این مناطق مغز برای یادگیری و تثبیت حافظه بسیار مطلوب است. حال‌آنکه در مطالعه حاضر شاخص‌های توجّه و تمرکز بر اساس تجزیه‌وتحلیل توپوگرافی و مطالعه موردی توسّط آزمون درک مطلب (درست / نادرست) تعدیل‌کننده موج TBR بوده است.

علاوه بر این، Pz (در لوب جداری) شامل نواحی برادمن ۷، ۵ و ۱۹ است و نمایندهٔ عملکردهای مغزی تغییر توجّه و خودآگاهی است که مسئول یادگیری هستند (برادمن، ۱۹۰۹؛ گایتون و هال، ۲۰۰٦). نقشه‌های مغزی با کُد رنگی، فعّالیّت کمتری را در این نواحی مغز هنگام انجام آزمون درک مطلب استنتاجی درست/نادرست گزارش کردند که نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت آزمون درک مطلب بر حالت‌های بی‌توجّهی ناشی از نوسانات TBR است.

منطقهٔ Fz در مغز مرکز تفکر خود تولیدشده و توجّه هدایت‌شده درونی[5] در مقابل توجّه با محرک بیرونی است (بندک و همکاران[6]، ۲۰۱٦). در مطالعه‌ای با به‌کارگیری fMRI، بندیک و همکاران (۲۰۱٦) اظهار داشتند که شرایط درونی مانند ادراک نیاز به توجّه پایدار درونی و تفکّر خودساخته[7] دارد. بر اساس این مطالعه، در زمان وجود توجّه هدایت‌شده درونی لوب گیجگاهی تحتانی راست، شکنج زبانی دوطرفه و کونیوس[8] فعّال شدند درحالی‌که مناطق گیجگاهی و پس‌سری فوقانی غیر فعّال شدند. درک مطلب به توجّه درونی پایدار نیاز دارد (لاوفر و نیشن،

---

1. Dorsolateral anterior prefrontal cortex
2. Working memory
3. Perceptual gyrus
4. postcentral gyrus
5. Internally directed attention
6. Benedek et al.
7. self-generated thought
8. cuneus

۱۹۹۵)، این نوع عملکرد شناختی نوسانات TBR کمتری را در ناحیهٔ Fz مغز (ناحیهٔ مربوط به توجّه مستقیم) ایجاد خواهد کرد. بررسی‌های توپوگرافی حاکی از آن بود که نقشه‌های مغزی ۲۲ نفر از شرکت‌کنندگان فعّال‌سازی کمتری از موج TBR در این مناطق را نشان دادند.

یافته‌های این مطالعه نقش امیدوارکنندهٔ آزمون درک مطلب (نوع درست/نادرست) در سطح متوسّط را در تعدیل موج TBR و افزایش توجّه هدایت‌شده درونی را نشان می‌دهد. تجزیه‌وتحلیل توپوگرافی نشان داد که یافته‌های مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران و طراحان برنامه درسی کمک کند و آنها را در جهت برنامه‌ریزی و طراحی فعّالیّت‌ها و تکالیف مناسب که خواندن و درک مطلب زبان‌آموزان را بهبود می‌بخشد، راهنمایی کند. نتایج مطالعهٔ حاضر برای مربیان زبان انگلیسی در آموزش انواع مختلف درک مطلب استنتاجی برای بالا بردن توجّه متمرکز و پایدار در حین انجام تکالیف خواندن مفید خواهد بود؛ بنابراین یافته‌ها در این جمعیت خاص نشان می‌دهد که مدرسان و زبان‌آموزان بهتر است بیشتر از آزمون‌های استنتاجی درست/نادرست در حین یادگیری زبان استفاده کنند و همچنین نشان داد که مدرّسان می‌توانند با استفاده از سؤالات استنتاجی درک مطلب توجّه و تمرکز زبان‌آموزان را در حین یادگیری زبان بالا ببرند.

تحقیقات آینده برای آشکار کردن نواحی و نوسانات مغزی مؤثر در فرآیند یادگیری برای بهبود آموزش زبان خارجی و بررسی تغییرات احتمالی دائمی یا موقتی در امواج مغزی تحت تکلیف یا جلسات آموزشی پیشنهاد می‌شود. تکرار مطالعهٔ حاضر با تعداد نمونه بیشتر و با تنوّع آزمون‌های متفاوت در جهت تشخیص پتانسیل تغییر مقدار موج TBR به‌عنوان شاخصی از حالت بی‌توجّهی پیشنهاد می‌گردد.

کتاب‌نامه

Angelidis, A., Hagenaars, M., Son, D. V., Does, W., & Putman, P. (2018). Do not look away! Spontaneous frontal EEG theta/beta ratio as a marker for cognitive control over attention to mild and high threat. *Biological Psychology*, *135*, 8-17. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.03.002

Baranowska, K. (2022). *Exposure to English as a foreign language through subtitled videos. The impact of subtitles and modality on cognitive load, comprehension, and vocabulary acquisition* [Unpublished doctoral dissertation]. Adam Mickiewicz University.

Benedek, M., Jauk, E., Beaty, R., Fink, A., Koschutnig, K., & Neubauer, A. C. (2016). Brain mechanisms associated with internally directed attention and self-generated thought. *Scientific Report*, *6*, 1-10. https://doi.org/10.1038/srep22959

Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde* [Comparative localization theory of the cerebral cortex]. Johann Ambrosius Barth. https://doi.org/10.1007/s00415-010-5784-0Carvalho, M. R., Velasques, B. B., Freire, R. C., Cagy, M., Marques, J. B., Teixeira, S., … Ribeiro, P. (2015). Frontal cortex absolute beta power measurement in panic disorder with agoraphobia patients. *Journal of Affective Disorders*, *184*, 176-181. https://doi.org/10.1016/j.jad.2015.05.055

Clarke, A. R., Barry, R. J., Karamacoska, D., Johnstone, S. J. (2019). The EEG theta/beta ratio: a marker arousal or cognitive processing capacity? *Appl Psychophysiol Biofeedback*, *44*, 123-129. https://doi.org/10.1007/s10484-018-09428-6

Daube, J. R., & Rubin, D. I. (2009). *Clinical neurophysiology*. Oxford University Press.

Derryberry, D., & Reed, M. A. (2002). Anxiety-related attentional biases and their regulation by attentional control. *Journal of Abnormal Psychology, 111*(2), 225. https://doi.org/10.1037/0021-843X.111.2.225

Enright, M., Grabe, W., Koda, K., Mosenthal, P., Mulcahy-Ernt, P., & Schedl, M. (2000). *TOEFL 2000 reading framework.* Educational Testing Service.

Gongora, M., Bittencourt, J., Teixeira, S., Basile, L. F., Pompeu, F., Droguette, E. L., …Ribeiro, P. (2016). Low-frequency rTMS over the Parieto–frontal network during a sensorimotor task: The role of absolute beta power in the sensorimotor integration. *Neuroscience Letters*, *116*, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.11.025

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of medical physiology*. Elsevier.

Her, S., Cha, K. S., Choi, J. W., Kim, H., Byun, J. I., woo, J-S. S., Kim, T-J., Lim, J-A., Jung, K. Y., & Kim, K. H. (2019). Impaired visuospatial attention revealed by theta- and beta-band cortical activities in idiopathic REM sleep behavior disorder patients. *Clinical Neurophysiology*, *130*(10), 1962-1970. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.07.030

LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive psychology*, *6*(2), 293-323. https://doi.org/10.1016/0010-0285(74)90015-2

Laufer, B. (1996). The lexical threshold of second language reading comprehension what it is and how it is related to L1 reading ability. In K. Sajavaara & C. Faiweather (Eds.), *Approaches to second language acquisition* (pp. 55-62). University of Jivaskila.

Liu, R., Guo, L., Sun, H. J., Parviainen, T., Zhou, Z., Cheng, Y., ... & Ye, C. (2023). Sustained attention required for effective dimension-based retro-cue benefit in visual working memory. *Journal of vision*, *23*(5), 13-13. https://doi.org/10.1167/jov.23.5.13

Llamas-Alonso, J., Guevara M. A., Hernández-González, M., Hevia-Orozco, J. C., & Almanza-Sepúlveda, M. L. (2019). Action video game players require greater EEG coupling between prefrontal cortices to adequately perform a dual task. *Entertainment Computing*, *30*, 10-16. https://doi.org/101080/01443410.2014.923556

Niazifar, A., & Shakibaei G. (2019). Effects of different text difficulty levels on Iranian EFL learners' foreign language Reading motivation and Reading comprehension. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education 4*(1), 1-19. https://doi.org/10.1186/s40862-019-0070-x

Ogrim, G., Kropotov, J., & Hestad, K. (2012). The quantitative EEG theta/beta ratio in attention deficit/hyperactivity disorder and normal controls: sensitivity, specificity, and behavioral correlates. *Psychiatry Research*, *198*(3), 482-488. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2011.12.041

Picken, Ch., Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., Selikowitz, M. (2020). The theta/beta ratio as an index of cognitive processing in adults with the combined type of attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical EEG and Neuroscience*, *51*(3), 167-173. https://doi.org/10.1177/1550059419895142

Putman, P., Arias-Garcia, E., Pantazi, I., Van Schie, C. (2014). EEG theta/beta ratio as a potential biomarker for attentional control and resilience against deleterious effects of stress on attention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *14*, 782-791. https://doi.org/10.3758/s13415-013-0238-7

Qian, D. D. (1999). Assessing the roles of depth and breadth of vocabulary knowledge in reading comprehension. *Canadian Modern Language Review, 56*, 282–308. https://doi.org/10.3138/CMLR.56.2.282

Qian, D.D. (2002). Investigating the relationship between vocabulary knowledge and academic reading performance: An assessment perspective. *Language Learning 52*(3), 513–536. https://doi.org/10.1111/1467-9922.00193

Schunk, D. (2011). *Learning theories an educational perspective (M. Şahin, Çev.).* Nobel.

Sergeant, J. (1996). *A* theory of attention: An information processing perspective. In G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 57– 69). Brookes.

Son, D., De Blasio, M. F., Fogarty, J. S. Angelidis, A., Barry, I. J., & Putman, P. (2019). Frontal EEG theta/beta ratio during mind wandering episodes. *Biological Psychology, 140*, 19-27. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.11.003

Swart, E. K., Nielen, T. M., Shaul, S., & Sikkema-de Jong, M. T. (2020). Frontal theta/beta-ratio (TBR) as potential biomarker for attentional control during reading in healthy females. *Cognition, Brain, Behavior, 24(*3), 187-211. https://doi.org/10.1007/s12144-021-02363-6

Thornton, K. E. (2002). Electrophysiological (QEEG) correlates of effective reading: towards a generator/activation theory of the mind. *Journal of Neurotherapy*, *6*(3), 37-66. https://doi.org/10.1300/J184v06n03_04

Tong, X., & Tong, S. X. (2022). How vocabulary breadth and depth influence bilingual reading comprehension: Direct and indirect pathways. *Learning and Individual Differences*, *100*, 102227. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102227

Wang, Y., Arslan-Ari, I., & Hao, L. (2022). Strategies are more important than words: A case study of adult English learners' disciplinary reading. *Journal of English for Academic Purposes*, *60*, 101182. https://doi.org/10.1016/j.jeap.2022.101182

Wang, Y., Guan, H., Ma, L., Luo, J., Chu, C., Hu, M., ... & Tao, S. (2022). Learning to read may help promote attention by increasing the volume of the left middle frontal gyrus and enhancing its connectivity to the ventral attention network. *Cerebral Cortex*, *33*(5),2260-2272. https://doi.org/10.1093/cercor/bhac206

Wechsler, D. (1991). *Wechsler intelligence scale for children* (3rd ed.). Psychological Corp.

Xie, J., Zhang, J., Sun, J., Ma, Z., Qin, L., Li, G., ... & Zhan, Y. (2022). A transformer-based approach combining deep learning network and spatial-temporal information for raw EEG classification. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *30*, 2126-2136 https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3194600

دربارهٔ نویسندگان

میترا زراعت‌پیشه استادیار گروه زبان انگلیسی آزاد اسلامی واحد مشهد است. حوزه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان عصب‌شناسی زبان، روان‌شناسی زبان، روش تدریس زبان انگلیسی و روان‌شناسی تربیتی است.

فرناز فرّخ‌علایی استادیار گروه زبان انگلیسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد است. حوزه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان عصب‌شناسی زبان، جامعه‌شناسی زبان و آموزش زبان خارجه است.

فرناز برادران فرشچی دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد آموزش زبان انگلیسی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد است. موضوع پایان‌نامهٔ ایشان «تغییر قدرت نسبت تتا بتا پیشانی در حین تست خواندن در رابطه با عمق واژگان زبان» است.