

## تأثیر الگوی شنیداری و دیداری بر سرکوب ریتم میو در شوت سه گام بسکتبال

فرزانه حاتمی<sup>۱\*</sup>، اکرم کاویانی<sup>۲</sup>

۱. دانشیار رفتار حرکتی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۲. دکتری رفتار حرکتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

## The Effects of audio-visual Modeling on the mu Rhythm Suppression in Basketball Lay-Up Shot

Farzaneh Hatami<sup>1\*</sup>, Akram Kavyani<sup>2</sup>

1. Associate Professor of Motor Behavior, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

2. Ph.D in Motor Behavior, Shahid Beheshti University, Tehran, Ira

Received: 2021/05/17

Accepted: 2022/08/09

10.30473/clpsy.2023.58826.1697

## Abstract

**Aim:** The purpose of this study was to determine the effects of audio-visual modeling on mu rhythm suppression in basketball lay-up shot. **Method:** For this purpose, 13 physical education students of Shahid Rajaee Teacher Training University participated voluntarily in this study. Order of presenting visual and auditory stimuli was counter-balanced among participants. Participants were randomly divided into two groups: the first group, observed the visual stimulus model first, then received the auditory stimulus, and the second group received the visual stimulus after the auditory stimulus and eventually presented the audio-visual stimuli. Brain waves were recorded by EEG in three conditions, presenting visual and auditory and audio-visual stimuli and were transformed to quantitative data by Neuro-guide Software. **Results:** Results of two-way repeated measures ANOVA in a 3 (condition) × 3 (brain area) design revealed that main effect of the brain area was significant, results of Bonferroni post hoc test for brain area main effect showed that the mu rhythm was significantly more suppressed in Cz compared to C3 brain area ( $P=0.014$ ). In addition, the results also showed that the mu rhythm in CZ was significantly more suppressed than C3 in both visual ( $P=0.025$ ) and audio-visual ( $P=0.014$ ) stimuli conditions, however, there were no significant differences between the mu rhythm Suppression in auditory condition among three brain areas. **Conclusion:** Finally, results confirmed that the integrity of the audio-visual stimuli causes further in mu rhythm suppression and mirror neurons activation.

**Keywords:** Mirror neurons, Mu rhythm suppression, audio-visual modeling, Basketball lay-up shot.

## چکیده

**هدف:** هدف از اجرای پژوهش حاضر، تعیین تأثیر الگوی شنیداری و دیداری بر سرکوب ریتم میو در شوت سه گام بسکتبال بود. **روش:** ۱۳ نفر از دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه شهید رجایی تهران به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. ترتیب مشاهده الگوی بینایی و الگوی شنیداری، در بین شرکت کنندگان به صورت موازنه متقابل کنترل شد. شرکت کنندگان به طور تصادفی در دو گروه قرار گرفتند: گروه اول، ابتدا الگوی بینایی را مشاهده و سپس الگوی شنیداری مربوط به صدای اجرای شوت سه گام بسکتبال را دریافت کردند و گروه دوم، الگوی بینایی را پس از الگوی شنیداری مشاهده و در نهایت هر دو گروه الگوی ترکیبی را مشاهده کردند. امواج مغزی شرکت کنندگان در سه حالت، توسط دستگاه الکتروانسفالوگرافی ثبت گردید و توسط نرم افزار نروگاید به داده‌های کمی تبدیل شد. یافته‌ها: نتایج آزمون تحلیل واریانس دوره‌ها با اندازه‌های تکراری در یک طرح (منطقه عصبی) × ۳ (نوع الگو) نشان داد اثر اصلی منطقه عصبی معنادار است، به این معنی که، ریتم میو در منطقه CZ به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به منطقه C3 داشته است ( $P=0.014$ ). علاوه بر این، نتایج نشان دادند که ریتم میو در منطقه CZ به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به منطقه عصبی C3 در هر دو حالت مشاهده الگوی بینایی ( $P=0.025$ ) و بینایی- شنیداری ( $P=0.014$ ) داشته است، درحالی که بین ریتم میو در حالت الگوی شنیداری بین سه منطقه مذکور تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتیجه‌گیری: یکپارچگی بینایی شنوایی سبب سرکوب بیشتری در ریتم میو و در نتیجه فعال‌سازی نورون‌های آینه‌ای می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** نورون‌های آینه‌ای، سرکوب ریتم میو، الگوی شنیداری- دیداری، شوت سه گام بسکتبال.

\*Corresponding Author: Farzaneh Hatami

Email: fhatami2010@gmail.com

\* نویسنده مسئول: فرزانه حاتمی

## مقدمه

مشاهده مهارت به عنوان قدرتمندترین ابزار انتقال الگوهای ذهنی و رفتاری در نظر گرفته می‌شود. مشاهده یا الگودهی به فرایند یادگیری از طریق مشاهده رفتارها یا مهارت‌های حرکتی اطلاق می‌شود. مشاهده مهارت و بازتولید آن، از جمله اجزای کلیدی در یادگیری یک مهارت جدید در ورزش یا یادگیری مهارت‌های اساسی در بازتوانی حرکتی هستند. این پردازش‌ها تحت سلطه ادراک بینایی قرار دارند (افنبرگ، فسی و وبر<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱)، اما بینایی تنها حس فراهم‌کننده اطلاعات برای درک الگوی حرکت نیست. بلکه اطلاعات شنوایی نیز نقش مهمی در جهت‌دهی و هماهنگی فعالیت‌های انسان ایفا می‌کنند (افنبرگ، ۲۰۰۱؛ افنبرگ و مچلینگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳؛ سورسمورجیا، سنتورو و آگوستینی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵).

برخلاف ادراک بینایی، ادراک شنوایی به جهت‌گیری خاص ورزشکار و تمرکز توجه نیازی ندارد (سکولی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). در سالهای اخیر تحقیقات نشان داده‌اند که الگودهی شنوایی در مقایسه با الگودهی بینایی در بهبود شناسایی کردن، تمیز دادن، حفظ کردن و یا تولید دقیق حرکات زمان‌بندی ساده مؤثرتر است (کولیر و لوگان<sup>۵</sup>، ۲۰۰۰؛ گلن برگ<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

کیلی، پوکرنی، کارکاس و ایوری<sup>۷</sup> پیشنهاد کردند که یک ارتباط قوی بین مکانیسم‌های زیربنایی زمان‌بندی ادراکی شنوایی و زمان‌بندی تولید حرکت وجود دارد (کیلی و همکاران، ۱۹۸۵). چن، پن‌هان و زاتوری<sup>۸</sup> (۲۰۰۸) با استفاده از تصویربرداری رزونانس مغناطیسی عملکردی (fMRI) فعالیت مغزی شرکت‌کنندگان را در پاسخ به شنیدن یک توالی ریتمیک صداها ثبت کردند؛ نتایج نشان داد که علیرغم فعالیت دیگر مناطق، منطقه حرکتی مکمل، قشر میانی-پیش حرکتی-میانی، مخچه در طول مرحله گوش دادن در هر دو گروه شرکت‌کنندگان فعال بوده است. این نتایج نشان داد که گوش دادن به یک توالی ریتمیک صداها، فعالیت مناطق حرکتی در مغز را افزایش می‌دهد. نتایج مشابهی از مطالعات دیگر به‌دست‌آمده است که تأیید کننده یک ارتباط قوی میان

ادراک شنوایی و تولید حرکت است (بنگرت و آلتن مولر، ۲۰۰۳؛ بنگسون و همکاران، ۲۰۰۹).

وود، هرناندز، واگنر و بیلوک<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۴) در آزمایشی با استفاده از fMRI فعالیت مغزی ورزشکاران ماهر و مبتدی را در پاسخ به صداهای آشنا و ناآشنای ورزشی و غیرورزشی بررسی کردند. شرکت‌کنندگانی که بسکتبال یا تنیس را در سطح حرفه‌ای بازی می‌کردند در گروه ماهر و شرکت‌کنندگانی که به‌صورت تفریحی بازی می‌کردند در گروه مبتدی قرار گرفتند. صداهای ورزشی از ورزش‌های بسکتبال و تنیس شامل پنج حالت برخورد توپ بسکتبال با زمین و پنج حالت برخورد توپ تنیس با راکت استخراج شد. صداهای غیرورزشی نیز صداهای معمولی محیطی مثل صدای سیفون توالت یا صدای مچاله کردن کاغذ بودند. در مورد صداهای ورزشی، آشنایی صدا، با توجه به رشته‌ای که شرکت‌کنندگان در آن بازی می‌کردند تعیین شد. درحالی‌که، در مورد صداهای غیرورزشی آشنایی صدا، با توجه به قابلیت تشخیص در مقابل مبهم بودن آن تعیین شد. نتایج نشان داد که صداهای مرتبط حرکتی نه‌تنها باعث افزایش فعالیت در نواحی حرکتی و پیش حرکتی مغز شد، بلکه اثر خبرگی را هم به‌وضوح نشان داد به‌طوری‌که افراد ماهر فعالیت مغزی بیشتری را در مقایسه با افراد مبتدی در طول شنیدن صداهای آشنا نشان دادند.

با وجود این، برخی از محققان معتقد هستند که آستانه فعال‌سازی عصبی به وسیله یادگیری چندحسی نسبت به یادگیری تک حسی، آسان‌تر حاصل شده (شمس و سیتز<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۸) و محرک چند حسی، دقیق‌تر و سریع‌تر از محرک تک حسی دریافت می‌شود (دویل و اسنودن<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۱؛ فارستر<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ جیارد و پرونت<sup>۱۴</sup>، ۱۹۹۹؛ سیتز و داینس<sup>۱۵</sup>، ۲۰۰۷). به عنوان مثال، اشمیتز<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که یکپارچگی بینایی-شنوایی در شنای پروانه نه تنها به قضاوت ادراکی بهتر افراد در مورد سرعت حرکت منجر شد بلکه ثبت فعالیت مغزی افراد با استفاده از fMRI فعالیت افزایش یافته‌ای را در نواحی فوقانی-خلفی و میانی قشر گیجگاهی شامل شیار فوقانی گیجگاهی که به عنوان یک منطقه بسیار مهم قشری یکپارچگی چند حسی شناخته شده است و نیز شکنج پریستترال سمت راست مغز نشان داد.

1. Effenberg, Fehse, & Weber
2. Mechling
3. Sors, Murgia, Santoro, & Agostini
4. Seconi
5. Collier & Logan
6. Glenberg
7. Keele, Pokorny, Corcos, & Ivry
8. Chen, Penhune, & Zatorre
9. functional magnetic resonance imaging (fMRI)

10. Woods, Hernandez, Wagner & Beilock
11. Shams & Seitz
12. Doyle & Snowden
13. Forster
14. Giard & Peronnet
15. Dinse
16. Schmitz

قشر پیش حرکتی و نترال<sup>۱۰</sup> (F5) مغز میمون‌ها نرون‌های آینه‌ای شنوایی وجود دارد که نه تنها به دیدن عمل، بلکه به صدای عمل (مثل شکستن نارگیل و پاره کردن کاغذ) پاسخ می‌دهند. هرچند قبل از کوهلر و همکاران محققان نرون‌های چند حسی در مناطق مختلف قشری شامل قشر پیش حرکتی و نترال و کلیکوس سوپریور توصیف کرده بودند؛ تفاوت این نرون‌ها با نرون‌های شنوایی آینه‌ای که در F5 هستند این است که نرون‌های آینه‌ای فضا یا برخی از خصوصیات فضایی محرک را کدگذاری نمی‌کنند و تنها با شنیدن عمل فعال می‌شوند. نکته جالب در مورد نرون‌های آینه‌ای شنوایی بینایی این است که این نرون‌ها در مناطقی مشاهده شده‌اند که معادل ناحیه بروکا در انسان (منطقه ۴۴) است.

شواهد تحقیقی در مورد انسان نیز وجود نرون‌هایی شنوایی آینه‌ای را نشان می‌دهند. این نرون‌ها هنگام شنیدن محرک‌های مختلف فعال می‌شوند و به درونداد شنوایی به اندازه درونداد بینایی پاسخ می‌دهند (یوشیدا<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). پیزامیگلیو<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که صدای یک عمل، به خصوص صداهایی که از حرکت انسان تولید می‌شوند، نواحی حرکتی و پیش حرکتی را فعال می‌کنند، درحالی‌که صداهایی با ماهیت متفاوت، مثل نویز و صداهای محیطی، این نواحی را فعال نمی‌کنند. به عنوان مثال، صداهای ملودی‌های پیانو شبکه عصبی آینه‌ای را در پیانیست‌ها فعال می‌کند (وو<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶).

یکی از ویژگی‌های فعالیت نرون‌های آینه‌ای خاصیت چندوجهی بودن آن است، نرون‌های آینه‌ای همچنین به محرک‌های شنیداری، صدای مرتبط با اعمال پاسخ می‌دهد. علاوه بر این، بررسی‌های آناتومیکی الگوهایی که ارتباطات حسی را مطالعه کرده‌اند، ارتباطات مستقیمی را بین قشرهای حسی اولیه به‌ویژه نواحی بینایی و شنوایی پیدا کرده‌اند. ادراک عمل به صورت بینایی-شنوایی در مناطقی که شامل نرون‌های آینه‌ای در مغز انسان هستند (مانند STS و قشر پیش حرکتی و نترال<sup>۱۴</sup>)، موجب پاسخ افزوده فوق‌العاده‌ای<sup>۱۵</sup> می‌شود (کاپلان و ایوکابونی<sup>۱۶</sup>، ۲۰۰۷؛ کیزرز<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). برای مثال، در مطالعه کاپلان و ایوکابونی (۲۰۰۷)

همچنین تاناکا<sup>۱</sup> (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان "فعالیت نرون‌های آینه‌ای در حین ادراک بینایی - شنوایی اجرای اپرا به دنبال پاسخ به این سوال بود که کدام جنبه از اجرای اپرا فعالیت نرون‌های آینه‌ای را تحریک می‌کند. بدین منظور، ارتباط بین اجرای اپرا با فعالیت مغزی خوانندگان هنگام مشاهده اپرا به همراه صدا یا هنگام گوش دادن بدون محرک بینایی بررسی شد. نتایج نشان داد که توان باند آلفا (۱۳-۸ هرتز) در ناحیه آهیانه‌ای مرکزی و قدامی هنگام مشاهده اپرا کاهش یافت، اگرچه توان باند آلفا در شرایط شنیداری نسبت به حالت استراحت تغییر نکرد. این مطالعه نشان می‌دهد که ادراک بینایی - شنوایی اجرای اپرا، سیستم نرون‌های آینه‌ای را در شرکت‌کنندگان درگیر می‌کند.

با تحقیق علم عصب‌شناختی بر روی سیستم نرون‌های آینه‌ای، کلید مکانیسم‌های بینایی شرکت‌کننده در یادگیری حرکتی آشکار شده است. سیستم نرون‌های آینه‌ای گروهی از نرون‌های قشر حسی حرکتی مغز هستند که موجب ایجاد هماهنگی دیداری حرکتی غیرارادی بین مغز مشاهده‌گر و عامل یک فعالیت فیزیکی می‌شود (ریزولاتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۶) و ارتباط آن‌ها با اعصاب حرکتی یک شبکه مشاهده-عمل را تشکیل می‌دهد (لاو، سالتزمن و اشلاگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

شواهد تحقیقی برای سیستم نرون‌های آینه‌ای در انسان با استفاده از الکتروانسفالوگرافی<sup>۴</sup>، تحریک مغناطیسی فراجمعه‌ای<sup>۵</sup>، نقشه برداری عصبی و ثبت تک نرونی در مناطق آهیانه‌ای، پری فرونتال و پیش حرکتی حمایت شده است. سیستم نرون‌های آینه‌ای در طول اجرا و مشاهده اعمال هدفمند (فدیگا<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۵؛ مائدا و همکاران، ۲۰۰۲) و همچنین در اعمال متفاوت با هدف یکسان فعال هستند (ریزولاتی، فوگاسی و گالیزی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۱). اما، نرون‌های آینه‌ای تنها در حیطه بینایی درگیر نیستند. سیستم عصبی آینه‌ای یک سیستم سه وجهی اخیراً کشف شده برای درک و تشخیص اعمال است که به تحریک شنوایی، بینایی و حرکتی پاسخ می‌دهد (دی آسلیو<sup>۸</sup>، ۲۰۰۷).

کوهلر و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۲) برای اولین بار دریافتند که در

10. ventral premotor cortex  
11. Yoshida  
12. Pizzamiglio  
13. Wu  
14. Ventral premotor cortex  
15. Supra-additive response  
16. Kaplan & Iacoboni  
17. Keysers

1. Tanaka  
2. Rizzolatti  
3. Lahav, Saltzman, & Schlaug  
4. electroencephalography (EEG)  
5. transcranial magnetic stimulation (TMS)  
6. Fadiga  
7. Fogassi, & Gallese  
8. D'Ausilio  
9. Kohler

رویداد<sup>۸</sup> بزرگتری در دامنه ۸-۱۳ هرتز ریتم میو در مقایسه با ادارک تک حسی همان محرک در الکتروود C3 و همچنین کلاستر مرکزی شد. این نتایج با نتایج کاپلان و ایکوبانی همراستا است. نتایجی که تسهیل بینایی-شنوایی سیستم نرون های آینه‌ای نشان می‌دهد.

شواهد تحقیقی بسیاری در مورد یکپارچگی حسی بینایی-شنوایی و نقش آن در حساسیت ادراکی وجود دارد که احتمالاً با سؤالهایی در مورد تسهیل بینایی-شنوایی در MNS مرتبط هستند. این شواهد نشان می‌دهد که پردازش اطلاعات چند حسی موجب ادارک بهبود یافته در مقایسه با پردازش اطلاعات تک حسی (دراپور، ۱۹۹۶)، پاسخ های عصبی سریعتر به اطلاعات چندحسی (جیارد و پرونت<sup>۹</sup>، ۱۹۹۹؛ ولچ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۱۹۸۶) و در برخی موارد پاسخ عصبی افزوده فوق العاده به اطلاعات چند حسی در مقایسه با اطلاعات تک حسی می‌شود (اسچیف<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹؛ اشمیتز و همکاران، ۲۰۱۳).

بخش عظیمی از یافته‌های رفتاری در ارتباط با یکپارچگی چند حسی می‌تواند توسط فرضیه تناسبات حسی بررسی شود. این فرضیه ادعا می‌کند حسی که در ارتباط با تکلیف ارائه شده است و بر ادارک در زمینه آن تکلیف مسلط است، مناسب‌ترین یا معتبرترین حس می‌باشد. بینایی، تفکیک‌پذیری فضایی بالاتری دارد و از این رو؛ در تکالیف فضایی مسلط است؛ در حالی که شنوایی، تفکیک‌پذیری زمانی بالاتری دارد و لذا، در تکالیف زمانی مسلط است (ولچ و همکاران، ۱۹۸۶). در میان مهارت‌های بسکتبال، مهارت شوت سه‌گام دارای ویژگی‌های فضایی و زمانی خاصی است. زیرا شوتی است که نزدیک حلقه بسکتبال انجام می‌شود و در آن بازیکن ابتدا باید دریل را قطع کرده و توپ را در دست گرفته و با دو گام به سبد بسکتبال نزدیک شده و با یک پرش (معمولاً با یک پا) توپ را به سمت حلقه شوت کند. به نظر می‌رسد انجام صحیح این فن به هماهنگی زمانی و فضایی بالایی نیاز دارد، لذا با مدنظر قرار دادن فرضیه تناسبات حسی و میزان پیچیدگی بالای این تکلیف انجام تحقیق در مورد نحوه اثرگذاری الگودهی بینایی و شنوایی در این مهارت ضروری است.

در میان معدود مطالعات فیزیولوژیک عصبی که در مورد الگودهی شنیداری - دیداری انجام شده است، چگونگی تاثیرپذیری ریتم میو در تکالیف پیچیده ورزشی مورد بررسی

شرکت کنندگان در گروه آزمایشی به صورت تصادفی نمایش پاره کردن یک کاغذ با دو دست و در گروه کنترل بالا و پایین آوردن یک جعبه را مشاهده می‌کردند که همراه با صدای بیب بود. ثبت فعالیت مغزی با استفاده از fMRI نشان داد، ادارک عملی که به صورت بینایی-شنیداری نمایش داده شد فعال سازی بیشتری را در سیستم نرون های آینه‌ای انسان تسهیل کرد. یک مطالعه fMRI نشان داد که ترکیب مشاهده یک روتین به همراه گوش دادن به موسیقی آن، فعالیت منطقه چندحسی شیار گیجگاهی فوقانی و خلفی را افزایش می‌دهد (جولا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

در کنار این شواهد، شواهد متعدد گویای آن است که ریتم میو در حین ادارک و اجرای یک عمل سرکوب می‌شود و مناسب‌ترین شاخص در خصوص مطالعه فعالیت سیستم نرون های آینه‌ای با استفاده از ثبت امواج مغزی در انسان است (ریزولاتی و کرایرو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴، بومن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). ریتم میو تحت عنوان ریتم مرکزی یا حسی-حرکتی نیز شناخته می‌شود (با فرکانس ریتم بین ۸ تا ۱۳ هرتز) و در نواحی حسی حرکتی مغز ثبت می‌شود (مناطق C3, C1, Cz, C2, C4) (فرانچز و زاپاتا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱؛ هابسن و بی شاپ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶). ارزش عددی این ریتم در حالت استراحت بیشتر از حالت مشاهده، تصویرسازی یا اجرا است. چنین فرض می‌شود که این ریتم فعالیت قشر پیش حرکتی و قشر آهیانه‌ای قدامی که ناشی از فعالیت سیستم نرون های آینه‌ای است را نشان می‌دهد (پیندا<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸).

مک‌گری<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۲) تسهیل ریتم میو را به صورت دیداری-شنیداری بررسی کردند. در این مطالعه شرکت کنندگان محرک آزمایشی را به صورت تک حسی (بینایی تنها و یا شنوایی تنها) و یا به صورت دو حسی (بینایی-شنیداری) مشاهده کردند. مشابه با مطالعه کاپلان و ایوکوبانی (۲۰۰۷)، شرکت کنندگان در گروه آزمایشی به صورت تصادفی نمایش پاره کردن یک کاغذ با دو دست و در گروه کنترل بالا و پایین آوردن یک جعبه را مشاهده می‌کردند که همراه با صدای بیب بود. نتایج مشخص کرد که نمایش بینایی-شنیداری عمل منجر به نامتقارنی وابسته به

1. Jola
2. Craighero
3. Bowman
4. Francuz & Zapala
5. Hobson & Bishop
6. Pineda
7. McGarry

8. event-related desynchronization (ERD)

9. Giard & Peronnet

10. Welch

11. Scheef

نهایت هر دو گروه، الگوی ترکیبی و همزمان بینایی - شنیداری را مشاهده کردند. زمان مشاهده فیلم الگوی بینایی و بینایی- شنیداری و همچنین الگوی شنیداری به صورت برابر و معادل ۲ دقیقه در نظر گرفته شد. با توجه فعال سازی نورون‌های آینه‌ای هنگام تصویرسازی، از شرکت کنندگان خواسته شد که در مرحله استراحت به صفحه سفید مانیتور نگاه کنند.



شکل ۱. دستگاه الکتروانسفالوگرافی مدل Scan-LT کمپانی Neuroscan آمریکا

برای ثبت الکتروانسفالوگرام، از دستگاه نرواسکن<sup>۳</sup> مدل Scan-LT کمپانی Neuroscan آمریکا، کلاه اختصاصی الکتروکپ<sup>۴</sup> شامل ۱۹ الکتروکپ که بر سیستم بین المللی ۲۰-۱۰ منطبق بود استفاده شد. الکتروانسفالوگرام شرکت کنندگان پس از حذف نوبه و آرتیفکت‌ها با روش تبدیل فوریه و بهره‌گیری از نرم افزار نوروگاید<sup>۵</sup> کمی شد. شرکت کنندگان مقابل یک مانیتور و بر روی صندلی نشسته، کلاه مخصوص ۱۹ کاناله بر روی سر آنها گذاشته شد. موهای آنها عاری از هر گونه مواد آرایشی نظیر ژل، چسب مو و... بود. سیگنالهای مغزی توسط الکترودهای موجود در کلاه پلاستیکی از پوست سر دریافت و فعالیت الکتریکی مغز از ۱۹ ناحیه مختلف مجمله ثبت شد. این امواج پس از دریافت بر روی صفحه نمایشگر ترسیم شدند و پس از تحلیل‌های ریاضی این امواج به عدد تبدیل شد.

الکترودهای دستگاه در مناطق آهیانه‌ای<sup>۶</sup>، پیشانی<sup>۷</sup> و مرکزی<sup>۸</sup> و پس سری<sup>۹</sup> قرار داده شد. الکترودهای مرجع پشت

قرار نگرفته است. با مد نظر قرار دادن شواهد تحقیقی در تأیید یکپارچگی حسی بینایی - شنوایی در یادگیری مهارت‌های حرکتی هنوز مشخص نیست که آیا الگودهی شنیداری- دیداری در مقایسه با الگودهی تک حسی تأثیر بیشتری بر سرکوب ریتم میو دارد یا خیر؟ بنابراین، تحقیق حاضر با استفاده از مهارت شوت سه گام بسکتبال که مشخصه‌های فضایی و زمانی خاصی دارد، و با اندازه‌گیری ریتم میو با استفاده از EEG، به دنبال پاسخ به این سؤال است که کدام یک از راهبردهای مذکور منجر به سرکوب بیشتر ریتم میو در مناطق C۳، C۴، Cz مغز در این تکلیف خاص می‌گردد؟

### روش شناسی

تحقیق حاضر با توجه به هدف، از نوع کاربردی، از لحاظ ماهیت و روش اجرا، نیمه تجربی و از لحاظ شیوه جمع‌آوری اطلاعات، آزمایشگاهی است. طرح تحقیق یک طرح درون گروهی با اندازه‌های تکراری است. ۱۳ نفر از دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه شهید رجایی تهران (۷ زن و ۶ مرد) با میانگین سنی ۱/۵±۲۳/۱۵ سال به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود برای تحقیق حاضر این بود که شرکت کنندگان همگی راست دست بوده و برای تحقق این امر از پرسشنامه دست برتری ادینبورگ ستفاده شد (الدفیلد<sup>۱</sup>، ۱۹۷۱)، از دید طبیعی برخوردار باشند و هیچگونه سابقه بیماری عصب شناختی نداشته باشند. به منظور اجرای تحقیق، شرکت کنندگان مقابل یک مانیتور و بر روی صندلی نشسته و کلیپ‌های ویدیویی (شنیداری - بینایی) را همراه با هدفون بر روی صفحه مشاهده می‌کردند. سه نوع کلیپ ویدیویی متفاوت به شرکت کنندگان ارائه شد: الف) محرک بینایی؛ شرکت کنندگان فقط اجرای سه گام بسکتبال را مشاهده کردند، ب) محرک شنیداری؛ شرکت کنندگان فقط صدای مربوط به سه گام بسکتبال را شنیدند، محرک بینایی - شنیداری؛ شامل مشاهده و شنیدن همزمان صدای اجرای سه گام بسکتبال بود. ترتیب مشاهده الگوی بینایی و الگوی شنیداری در بین شرکت کنندگان به صورت موازنه متقابل<sup>۲</sup> کنترل شد. شرکت کنندگان به طور تصادفی در دو حالت قرار گرفتند: گروه اول (۶ نفر)، ابتدا الگوی بینایی را مشاهده و سپس الگوی شنیداری مربوط به صدای اجرای شوت سه گام بسکتبال را دریافت کردند و گروه دوم (۷ نفر)، الگوی بینایی را پس از الگوی شنیداری مشاهده و در

3. Neuroscan  
4. Electrocap  
5. Neuroguide  
6. Parietal  
7. Frontal  
8. Central  
9. Occipital

1. Oldfield  
2. Counter Balance

آزمون تحلیل واریانس دوراهاه با اندازه های تکراری در یک طرح (منطقه عصبی) ۳ × (نوع الگو) ۳ مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل های آماری در سطح معناداری  $p \leq 0.05$  صورت گرفت.

### نتایج

میانگین و انحراف معیار توان موج آلفا در چهار حالت استراحت، مشاهده الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری و همچنین میزان ریتم میو در سه حالت مشاهده الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری در مناطق عصبی C۳، C۴ و CZ در جدول ۱ و ۲ خلاصه شده است. همانطوریکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، توان موج آلفا در حین مشاهده الگوی بینایی و بینایی - شنیداری در مقایسه با حالت استراحت، در هر سه منطقه عصبی C۳، C۴ و CZ کاهش یافته است، در حالیکه این مقدار در حالت الگوی شنیداری نسبت به حالت استراحت فقط در منطقه CZ کاهش یافته است.

**جدول ۱.** میانگین و انحراف معیار توان موج آلفا در چهار حالت استراحت، مشاهده الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری در سه منطقه عصبی

منطقه عصبی	C۳	C۴	CZ
استراحت	42/44 ± 6/8	46/6 ± 5/8	36/77 ± 6/9
الگوی بینایی	6/68 ± 4/45	6/78 ± 4/04	6/69 ± 3/54
الگوی شنیداری	9/54 ± 8/37	8/69 ± 6/54	9/47 ± 6/98
الگوی بینایی - شنیداری	53/46 ± 6/7	49/85 ± 4/6	95/91 ± 3/6

**جدول ۲.** میانگین و انحراف معیار ریتم میو در مشاهده الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری در سه منطقه عصبی

منطقه عصبی	C۳	C۴	CZ
الگوی بینایی	0/89 ± 0/33	0/88 ± 0/33	0/8 ± 0/27
الگوی شنیداری	0/98 ± 0/29	1/03 ± 0/38	0/96 ± 0/32
الگوی بینایی - شنیداری	0/91 ± 0/3	0/84 ± 0/27	0/79 ± 0/27

**جدول ۳.** نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهاه با اندازه های تکراری

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	مجذور اتا
منطقه عصبی	۲ و ۲۸	0/8	۴/۴۹*	0/02	0/۳۴۳
نوع الگو	۲ و ۲۸	0/۲۹۵	۱/۶۳	0/۲۱۴	0/۱۰۴
منطقه عصبی × نوع الگو	۴ و ۵۶	0/۰۱۷	۱/۷۵۹	0/۱۵	0/۱۱۲

\* در سطح  $P \leq 0.05$  معنی دار است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که ریتم میو در حالت مشاهده‌ی الگوی بینایی و بینایی - شنیداری در مقایسه با الگوی شنیداری بیشتر سرکوب شده است. یافته‌های آزمون شاپیرو-ویلک نشان دهنده طبیعی بودن توزیع داده‌ها بود ( $p > 0.05$ ). به منظور مقایسه ریتم میو در سه حالت مشاهده‌ی الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری در سه منطقه عصبی C3، C4 و CZ نشان می‌دهد. به منظور مقایسه سرکوب ریتم میو در هر یک از حالت‌های مشاهده‌ی الگوی بینایی، بینایی - شنیداری و الگوی شنیداری به تفکیک در هر یک از سه منطقه عصبی C3، C4 و CZ از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. جدول ۵ نتایج این آزمون را نشان می‌دهد.

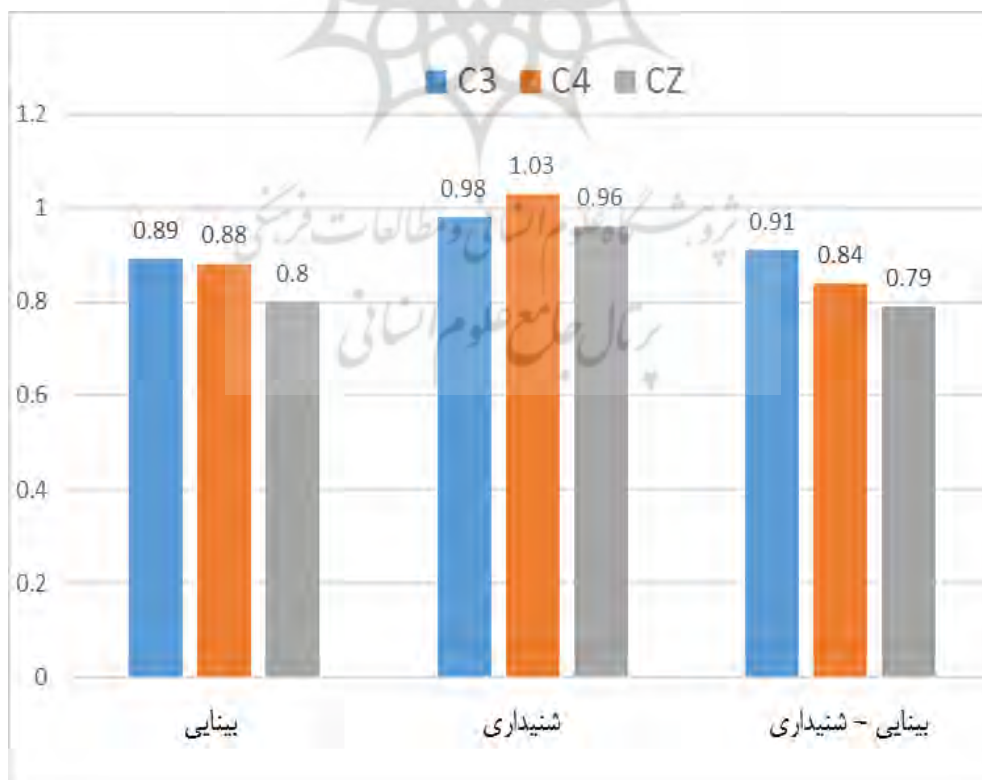
**جدول ۴.** نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مقایسه ریتم میو در مناطق عصبی

سطح معناداری	اختلاف میانگین‌ها (i - j)	j	i
۰/۱	۰/۰۰۵	C4 و C3	
۰/۰۱۴	۰/۰۷۵*	CZ و C3	
۰/۰۷۷	۰/۰۷	CZ و C4	

\* در سطح  $P \leq 0.05$  معنی‌دار است.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهند که اثر اصلی نوع الگو و تعامل این دو متغیر معنادار نیست اما اثر اصلی منطقه عصبی معنادار است، به عبارت دیگر، بین سرکوب ریتم میو در سه منطقه عصبی C3، C4 و CZ تفاوت معناداری وجود دارد. به منظور تعیین اختلاف در میانگین‌های سه منطقه عصبی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. یافته‌ها در جدول ۴ خلاصه شده است.

نتایج آزمون بونفرونی در مورد اثر اصلی منطقه عصبی نشان داد که ریتم میو در منطقه CZ ( $0.852 \pm 0.05$ ) به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به منطقه C3



**شکل ۱.** سرکوب ریتم میو در سه منطقه عصبی - شنیداری، بینایی، شنیداری، بینایی - شنیداری در سه منطقه عصبی

**جدول ۵.** نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری به منظور مقایسه ریتم میو در حالت‌های مشاهده‌ی الگوی بینایی، بینایی-شنیداری و الگوی شنیداری در هر یک از سه منطقه عصبی

شاخص آماری گروه	مجموع مجذورات (ss)	میانگین مجذورات (ms)	درجه آزادی	F	سطح معنی‌داری	مجذورات اتا
الگوی بینایی	۰/۷۸	۰/۰۳۹	۲	۴/۴۴۷*	۰/۰۱۴	۰/۲۴۱
الگوی شنیداری	۰/۰۴	۰/۰۲	۲	۱/۱۹۲	۰/۳۱۹	۰/۰۷۸
الگوی بینایی-شنیداری	۰/۱۱	۰/۰۵۵	۲	۴/۶۷۳*	۰/۰۱۱	۰/۲۵

\*در سطح  $P \leq 0/016$  معنادار است.

منطقه عصبی C3 در هر دو حالت مشاهده الگوی بینایی و بینایی-شنیداری داشت، اما بین ریتم میو در حالت الگوی شنیداری بین سه منطقه مذکور تفاوت معناداری مشاهده نشد.

مقایسه ریتم میو در میان الگوهای حاضر در این مطالعه نشان داد که الگوی بینایی-شنوایی و بینایی در مقایسه با الگوی شنوایی منجر به سرکوب بیشتری در ریتم میو در منطقه عصبی CZ شدند. این نتیجه با نتایج تحقیقات باراکلوف<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵)، کاپلان و ایکوبانی (۲۰۰۷)؛ و مک‌گری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، تاناکا (۲۰۲۱) همراستا بود. این محققان نیز نشان دادند که سیستم نرونهای آینه‌ای پاسخ افزوده فوق‌العاده‌ای در طول ادارک محرک بینایی-شنوایی همگرا در مقایسه با حالت بینایی و شنوایی تک و یا بینایی-شنوایی ناهمگرا می‌دهد. این تسهیل تنها برای محرک مرتبط با عمل رخ می‌دهد. مطالعه حاضر از نتایجی که نشان می‌دهد که محرک بینایی-شنوایی موجب فعالیت بیشتر در قشر حرکتی اولیه و قشر پیش حرکتی رخ می‌دهد، حمایت کرد. همچنین این تحقیقات پیشنهاد می‌دهند که یکپارچگی بینایی-شنوایی محرک‌های مرتبط با عمل و غیر مرتبط نخست در قشر حسی پیکری رخ می‌دهد (باراکلوف<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵؛ کیزرز و همکاران، ۲۰۰۳). این پیشنهاد در مطالعه حاضر نیز مورد تأیید قرار گرفت زیرا سرکوب ریتم میو در مناطق عصبی C3 و C4 که در واقع در قشر حسی پیکری قرار می‌گیرند، مشاهده شد.

تسهیل بینایی-شنوایی در مطالعات قبلی با استفاده از ثبت تک سلولی در میمون‌ها کهلر و همکاران، ۲۰۰۲؛ کیزرز

به دلیل اینکه سه آزمون تحلیل واریانس به عنوان آزمون تعقیبی انجام شده است، لذا مقدار P باید تعدیل شود، از این رو برای کنترل خطای نوع یک از اصلاح بونفرونی استفاده می‌شود و هر تحلیل واریانس در سطح  $0/016$  آزمون می‌شود (مقدار  $0/05$  بر تعداد ANOVA‌های انجام شده تقسیم می‌شود). نتایج آزمون تحلیل واریانس در اندازه‌های تکراری نشان داد که در حالت‌های مشاهده الگوی بینایی و بینایی-شنیداری بین سرکوب ریتم میو در مناطق عصبی C3، C4 و CZ تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که ریتم میو در منطقه CZ به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به منطقه عصبی C3 در هر دو حالت مشاهده الگوی بینایی ( $P = 0/025$ ) و بینایی-شنیداری ( $P = 0/014$ ) داشته است، درحالی‌که بین ریتم میو در حالت الگوی شنیداری بین سه منطقه مذکور تفاوت معناداری مشاهده نشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای پژوهش حاضر، تعیین تأثیر الگوی شنیداری-دیداری بر سرکوب ریتم میو در شوت سه‌گام بسکتبال بود. شواهد تحقیقی بسیاری در مورد یکپارچگی حسی بینایی-شنوایی و نقش آن در حساسیت ادراکی وجود دارد. اما واکنش سیستم نرون‌های آینه‌ای که در تحقیق حاضر با استفاده از ریتم میو سنجیده شد، در پاسخ به یکپارچگی حسی بینایی-شنوایی در یک تکلیف پیچیده ورزشی مانند شوت سه‌گام بسکتبال هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است. یافته‌های پژوهش نشان داد مشاهده الگوی بینایی و بینایی-شنیداری موجب سرکوب بیشتر ریتم میو در مناطق عصبی C3، C4 و CZ می‌شود. به طوری که ریتم میو در منطقه CZ به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به

1. Barraclough  
2. McGarry  
3. Barraclough



قرار دارد (۲۷). شیار مرکزی<sup>۳</sup>، مغز را به دو قسمت جلو (لوب‌های فرونتال یا پیشانی) و عقب (آهیانه‌ای) تقسیم می‌کند. در قسمت جلوی شیار، قشر حرکتی اولیه<sup>۴</sup> (مسئول در عملکرد حرکتی) و در پشت شیار مرکزی، قشر حسی پیکری اولیه<sup>۵</sup> (مسئول پردازش حسی) قرار دارد. با توجه به اینکه شیار مرکزی یک خط کاملاً صاف نیست، در قسمت بالای سر نسبت به سایر بخش‌های آن عقب‌تر قرار دارد. در سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰، یک خط کاملاً صاف از وسط سر و بین دو گوش ترسیم می‌شود و مناطق عصبی C۳، C۴ و CZ بر روی آن مشخص می‌شود. بر این اساس، مناطق C۳ و C۴ در پشت خط مرکزی و بر روی قشر حسی پیکری قرار می‌گیرند در حالیکه منطقه CZ در جلوی خط مرکزی و در قشر حرکتی اولیه قرار می‌گیرد.

همانطوریکه گفته شد، ریتم میو به عنوان شاخصی از فعالیت نرونهای آینه‌ای، معمولاً از محل الکترودهای ناحیه مرکزی (ناحیه مرکزی راست و چپ<sup>۶</sup> و میانی<sup>۷</sup>) در سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ ثبت می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل واکنش‌پذیری بیشتر منطقه CZ به دلیل ماهیت و عملکرد این منطقه و ارتباط نزدیک آن با منطقه حرکتی باشد. مشاهده بینایی و بینایی-شنیداری مربوط به شوت سه گام، منجر به سرکوب بیشتر ریتم میو در منطقه CZ شده است که این امر نشان‌دهنده فعالیت بیشتر نرون‌های آینه‌ای در قشر حرکتی اولیه می‌باشد که مسئول عملکرد حرکتی و طرح‌ریزی برنامه حرکتی می‌باشد (۲۹-۲۸). علاوه بر این، به نظر می‌رسد حرکات پیچیده‌تر مخصوصاً حرکاتی که شامل حرکت چند بخش بدن می‌شوند در بخش قدامی‌تر نقشه حرکتی قشر مغز قرار می‌گیرند؛ این بخش بر ساختار اسکلتی گردن و کمر تاکید می‌کند زیرا ساختار اسکلتی گردن و کمر به عنوان یک اتصال هماهنگ کننده بخش‌های مختلف بدن عمل می‌کند. ولی در حرکات ساده‌تر که بیشتر بر پایه حرکات دور از تنه هستند، نقشه حرکتی در بخش خلفی‌تر قشر مغز تکیه می‌کند (گرازیانو، ۲۰۰۸) از جایی که شوت سه گام بسکتبال که در مطالعه حاضر مشاهده شد در مقایسه با عمل پاره کردن کاغذ که در مطالعات مک‌گری و همکاران و کاپلان و ایوکوبانی (۲۰۰۷) مشاهده شد، پیچیده‌تر است و

و همکاران، ۲۰۰۳) و همچنین مطالعات fMRI در انسان (کاپلان و ایوکوبانی، ۲۰۰۷) اندازه‌گیری شده است. تسهیل بینایی-شنوایی تنها در زمانی که محرک‌های بینایی و شنوایی به طور فضایی و زمانی همگرا و همچنین مرتبط با عمل باشند، اتفاق می‌افتد. در واقع نرون‌های آینه‌ای نه تنها به طور انتخابی به گروهی از اعمال با هدف معین پاسخ می‌دهند بلکه این نرون‌ها به اعمال هدفمند معینی که با اطلاعات یکپارچگی چندحسی حاصل می‌شوند، پاسخ می‌دهند (کیزرز و همکاران، ۲۰۰۳).

کیزرز و همکاران (۲۰۰۳)، از ثبت تک نرونی برای سنجش فعالیت سیستم نرونهای آینه‌ای میمون‌ها در ادارک عمل بینایی شنوایی استفاده کرد. این محققان نرونهای آینه‌ای بینایی-شنوایی را در قشر پیش حرکتی و نترال میمون‌ها مشاهده کردند. این نرون‌ها در هنگام اجرای عمل، مشاهده و یا شنیدن صدای عمل فعال شدند. از بین ۳۳ نرون تکی که کیسر و همکاران اندازه‌گیری کردند، ۲۲ نرون به محرک بینایی و شنوایی به طور انتخابی پاسخ دادند و ۸ نرون از بین ۲۲ نرون پاسخ افزوده فوق‌العاده به محرک بینایی-شنوایی در مقایسه با حالت تک حسی داشتند. این شواهد از این یافته که یکپارچگی بینایی-شنوایی در سیستم نرونهای آینه‌ای و همچنین STS رخ می‌دهد، حمایت می‌کنند (کاپلان و ایوکوبانی، ۲۰۰۷).

یکی دیگر از یافته‌های تحقیق حاضر این بود که ریتم میو در منطقه CZ به طور معناداری سرکوب بیشتری نسبت به منطقه C۳ نشان داد. علاوه بر این، تفاوت معناداری بین سرکوب ریتم میو در منطقه C۳ و C۴ وجود نداشت. این یافته همراستا با تحقیقات حاتمی و طهماسبی و شیخی (۲۰۱۷)، لپاژ و تیورت<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) و ون‌الک<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۸) است. در این مطالعات نیز بیشترین سرکوب ریتم میو در منطقه CZ به ترتیب در تصویر سازی شوت سه گام بسکتبال، خزیدن و راه رفتن اطفال و حرکات تکراری دست مشاهده شد. اما در مطالعه مک‌گری و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین سرکوب ریتم میو در منطقه عصبی C۳ مشاهده شد. موضوع قابل توجه در این پژوهش، تفاوت در میزان واکنش‌پذیری مناطق عصبی موردنظر است. در مطالعات EEG، در سیستم ۱۰-۲۰، منطقه C۳ در نیمکره چپ، منطقه CZ در مرکز جمجمه و منطقه C۴ در نیمکره راست

3. central sulcus

4. primary motor cortex

5. primary somatosensory cortex

6. Central right and left area (C<sup>۴</sup> و C<sup>۳</sup>)

7. central midline area (CZ)

1. Lepage and Theoret

2. Van Elk

همچنین یک حرکت چند مفصلی است، تاکید بر بخش‌های قدامی‌تر قشر باشد. بنابراین سرکوب بیشتر ریتم میو در منطقه عصبی CZ که در مقایسه با دو منطقه C3 و C4 از این گفته حمایت می‌کند.

در کنار تسهیل چندحسی این احتمال وجود دارد که الگوی بینایی در سرکوب ریتم میو نقش بیشتری در الگودهی بینایی-شنوایی و بینایی داشته باشد. زیرا نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سرکوب ریتم میو در مشاهده الگوی بینایی نیز بیشتر از مشاهده شنوایی الگو بود. علاوه بر این بررسی بیشتر نتایج مشخص می‌کند که در الگودهی بینایی-شنوایی و بینایی میانگین موج آلفا در هر سه منطقه عصبی C3, CZ, C4 کاهش داشته است اما در الگودهی شنوایی میانگین موج آلفا تنها در منطقه CZ کاهش داشته است. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد نامتقارنی ریتم میو بیشتر از اینکه ناشی از اطلاعات شنوایی بوده باشد، ناشی از اطلاعات بینایی بوده است. شاید یک دلیل در توجیه چنین تأثیری توجه به نوع تکلیف حاضر در این مطالعه یعنی شوت سه گام بسکتبال باشد؛ از آنجائی که تکلیف شوت سه گام علاوه بر این که دارای خصوصیات زمانی ویژه‌ای به خصوص در هماهنگ کردن گام‌ها برای نزدیک شدن به حلقه است، جزء تکالیف هدفمند بوده و به نظر می‌رسد دسترسی به هدف و انداختن توپ در حلقه و کسب امتیاز مهمترین فاکتور باشد و چون بینایی در تکالیف فضایی بر شنوایی مسلط است بنابراین سرکوب بیشتری در ریتم میو در حضور بینایی رخ داده است. هر چند انجام تحقیقات بیشتر برای بررسی این موضوع با تکالیف متفاوتی که در آن‌ها جزء شنوایی پررنگ‌تر مثل یادگیری نواختن قطعات موسیقی باشد ضروری به نظر می‌رسد.

خط دیگر بحث، اصول کدگذاری عمومی و بحث در مورد فواید محرک چندحسی در مقایسه با محرک تک حسی می‌باشد. این گونه بیان شده است که مکان‌هایی در مجاورت مکان‌های بینایی و شنوایی در شیار گیجگاهی فوقانی به محرک ویژه حسی (شنوایی یا بینایی) پاسخ داده، آن‌ها را به یک کد عمومی که به منطقه‌های مداخله چندحسی انتقال داده می‌شوند، تبدیل می‌کند و این امر منجر به ارتقای پاسخ‌های عصبی می‌شود (وینکن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). در تحقیق حاضر نیز نتایج همراستا با تحقیقات انجام شده در مورد تعاملات چند حسی است (درايو، ۱۹۹۶؛ جیار و

پرون، ۱۹۹۹؛ ولج و همکاران، ۱۹۸۶). در این مطالعات نیز پردازش اطلاعات چند حسی موجب ادراک بهبود یافته در مقایسه با پردازش اطلاعات تک حسی، پاسخ‌های عصبی سریعتر به اطلاعات چندحسی و در برخی موارد پاسخ عصبی افزوده فوق‌العاده به اطلاعات چند حسی در مقایسه با اطلاعات تک‌حسی شد. به نظر می‌رسد یکپارچگی چندحسی مکانیسم‌هایی را برای کشف معایب حسی و فضایی فراهم می‌کند؛ به گونه‌ای که در هنگام ضعف و کمبود اطلاعات حس اولیه (به طور مثال بینایی)، این ضعف می‌تواند به وسیله حس دیگر (شنوایی و حس عمقی) جبران شود (وینکن و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین تحقیقات نشان داده است که آستانه فعال‌سازی عصبی به وسیله یادگیری چندحسی نسبت به تک‌حسی، آسان‌تر حاصل می‌شود (شمس و سینتر، ۲۰۰۸) و محرک چند حسی، دقیق‌تر و سریع‌تر از محرک تک حسی دریافت می‌شود (دویل و اسنودن، ۲۰۰۱؛ فارسترو همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین با در نظر گرفتن پیچیدگی شوت سه گام بسکتبال احتمالاً سیستم عصبی به اطلاعات دو حس تأکید کرده است.

در مجموع با توجه به نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یکپارچگی حسی بینایی-شنوایی منجر به فعالیت بیشتر سیستم نرونهاي آینه‌ای از طریق سرکوب بیشتر ریتم میو می‌شود. در واقع چنین پیشنهاد شده است که سیستم نرون‌های آینه‌ای در ادراک افراد از اعمال دیگران نقش دارند. پس بهتر است در هنگام یادگیری مشاهده ای شرایطی ایجاد شود که در آن یکپارچگی چندحسی بینایی-شنوایی وجود داشته باشد.

تحقیقات آتی بایستی به بررسی این موضوع پردازند که آیا سیستم نرون‌های آینه‌ای در هنگام نبود یا تخریب اطلاعات بینایی به اطلاعات شنوایی تأکید می‌کند یا خیر؟ نقش تأثیرگذاری معکوس یکپارچگی چندحسی پیشنهاد می‌کند که احتمال یکپارچگی چند حسی زمانی که مبهم بودن در هر یک حالت‌های تک‌حسی افزایش یابد، بیشتر می‌شود (مردیث و استین<sup>۲</sup>، ۱۹۸۶). شواهد رفتاری قابل توجهی در حمایت از قانون وجود دارد (آلیس و بور<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). بنابراین پیش بینی می‌شود که در هنگام تخریب اطلاعات بینایی، افراد تأکید بیشتری بر حس شنوایی کرده و احتمالاً یکپارچگی بینایی-شنوایی بیشتری مشاهده شود.

2. Meredith & Stein  
3. Alais & Burr

1. Vinken

**ملاحظات اخلاقی:** این پژوهش با اهداف بنیادی مطابق با دستورالعمل های پژوهشی و رعایت همه اصول اخلاقی انجام شده است.

**حمایت مالی:** این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی طبق ابلاغ گزنت شماره ۱۲۰۶ مورخ ۱۳۹۸/۲/۱۳ انجام گردیده است.

**مشارکت نویسندگان:** نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش بخشهای پژوهش مشارکت یکسانی داشته اند.

**تعارض منافع:** این مقاله تعارض منافع ندارد.

**تقدیر و تشکر:** از همه کسانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

علاوه بر این، در پژوهش حاضر امکان بررسی تمامی مناطق مغزی، را نداشتند که محدودیت پژوهش حاضر به شمار می رود. از آنجاییکه در مطالعات قبلی سیستم نرون های آینه ای در مناطق آهیانه ای، پری فرونتال و پیش حرکتی نیز مشاهده شده اند، احتمالاً ارتباطات نواحی حسی-حرکتی با مناطق مذکور اطلاعات ارزشمندی را در شناسایی سیستم نرونه های آینه ای در اختیار خواهد گذاشت؛ لذا بررسی جامع کلی قشر مغز در پژوهش های آتی توصیه می شود. علاوه بر این، پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی، مهارت هایی که در آنها نقش صدا از اهمیت بیشتری برخوردار است (مهارت های رشته پینگ)، مورد استفاده و تحقیق قرار گیرد.

## منابع

- Alais D, & Burr D. (2004). The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration. *Current biology*, 14(3), 257-262 .
- Bangert M & Altenmüller EO. (2003). Mapping perception to action in piano practice: a longitudinal DC-EEG study . *BMC neuroscience*, 4(1), 26 .
- Barracough N E, Xiao D, Baker CI, Oram MW, & Perrett DI. (2005). Integration of visual and auditory information by superior temporal sulcus neurons responsive to the sight of actions. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(3), 377-391 .
- Bengtsson SL, Ullén F, Ehrsson HH, Hashimoto T, Kito T, Naito E, . . . Sadato N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *cortex*, 45(1), 62-71 .
- Bowman LC, Bakermans-Kranenburg M J, Yoo K H, Canno, EN, Vanderwert RE, Ferrari P F, et al. (2017). The mu-rhythm can mirror: insights from experimental design, and looking past the controversy. *Cortex*, 96, 121-125.
- Chen JL, Penhune VB, & Zatorre RJ. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral cortex*, 18(12), 2844-2854 .
- Cheng Y, Lee PL, Yang CY, Lin CP., Hung D, & Decety J. (2008). Gender differences in the mu rhythm of the human mirror-neuron system. *PLoS One*, 3(5), e2113 .
- Collier GL, & Logan G. (2000). Modality differences in short-term memory for rhythms. *Memory & Cognition*, 28(4), 529-538 .
- D'Ausilio A. (2007). The role of the mirror system in mapping complex sounds into actions. *The Journal of Neuroscience*, 27(22):5847-5848.
- Doyle MC, & Snowden RJ. (2001). Identification of visual stimuli is improved by accompanying auditory stimuli: The role of eye movements and sound location. *Perception*, 30(7), 795-810 .
- Driver J. (1996). Enhancement of selective listening by illusory mislocation of speech sounds due to lip-reading. *Nature*, 381(6577), 66 .
- Effenberg A. (2001) *Multimodal convergent information enhances perception accuracy of human movement patterns*. Paper presented at the in Proc. 6th Ann. Congress of the ECSS, Sport und Buch, Straus.
- Effenberg A, Fehse U, & Weber A. (2011). *Movement Sonification :Audiovisual benefits on motor learning*. Paper presented at the BIO web of conferences.
- Effenberg A, & Mechling H. (2003). *Multimodal convergent information enhances reproduction accuracy of sport*

- movements. Paper presented at the Proceedings of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science. Salzburg, Austria.
- Fadiga L, Fogassi L, Pavesi G, & Rizzolatti G. (1995). Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal of neurophysiology*, 73(6), 2608-2611.
- Forster B, Cavina-Pratesi C, Aglioti SM, & Berlucchi G. (2002). Redundant target effect and intersensory facilitation from visual-tactile interactions in simple reaction time. *Experimental Brain Research*, 143(4), 480-487.
- Francuz P & , Zapala D. (2011). The suppression of the  $\mu$  rhythm during the creation of imagery representation of movement. *Neuroscience letters*, 495(1), 39-43.
- Giard M H, & Peronnet F. (1999). Auditory-visual integration during multimodal object recognition in humans: a behavioral and electrophysiological study. *Journal of cognitive neuroscience*, 11(5), 473-490.
- Glenberg AM, Mann S, Altman L, Forman T, & Proch S. (1989). Modality effects in the coding reproduction of rhythms. *Memory & Cognition*, 17(4), 373-383.
- Graziano M. (2008). *The intelligent movement machine: An ethological perspective on the primate motor system*: Oxford University Press.
- Hobson HM, & Bishop DV. (2016). Mu suppression—A good measure of the human mirror neuron system? *cortex*, 82, 290-310.
- Jola, C., McAleer, P. M. A. P., Grosbras, M. H., Love, S. A., Morison, G., and Pollick, F. E. (2013). Uni- and multisensory brain areas are synchronised across spectators when watching unedited dance recordings. *Iperception*, 4, 265–284.
- Kaplan JT, & Iacoboni M. (2007). Multimodal action representation in human left ventral premotor cortex. *Cognitive Processing*, 8(2), 103-113.
- Keele SW, Pokorny RA, Corcos DM, & Ivry R. (1985). Do perception and motor production share common timing mechanisms: A correlational analysis. *Acta psychologica*, 60(2), 173-191.
- Keysers C, Kohler E, Umiltà MA, Nanetti L, Fogassi L, & Gallese V. (2003). Audiovisual mirror neurons and action recognition. *Experimental Brain Research*, 153(4), 628-636.
- Kohler E, Keysers C, Umiltà MA, Fogassi L, Gallese V, & Rizzolatti G. (2002). Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, 297(5582), 846-848.
- Lahav A, Saltzman E, & Schlaug G. (2007). Action representation of sound: audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions. *Journal of Neuroscience*, 27(2), 308-314.
- Lepage J F, & Théoret H. (2006). EEG evidence for the presence of an action observation–execution matching system in children. *European journal of neuroscience*, 23(9), 2505-2510.
- Maeda F, Kleiner-Fisman G, & Pascual-Leone A. (2002). Motor Facilitation While Observing Hand Actions: Specificity of the Effect and Role of Observer's Orientation. *Journal of neurophysiology*, 87(3), 1329-1335.
- McGarry LM, Russo FA, Schalles MD, & Pineda JA. (2012). Audio-visual facilitation of the mu rhythm. *Experimental Brain Research*, 218(4), 527-538.
- Meredith MA, & Stein BE. (1986). Visual, auditory, and somatosensory convergence on cells in superior colliculus results in multisensory integration. *Journal of neurophysiology*, 56(3), 640-662.
- Pineda JA. (2005). The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain Research Reviews*, 50(1), 57-68.
- Pineda JA. (2008). Sensorimotor cortex as a critical component of an 'extended' mirror neuron system: Does it solve the development, correspondence, and control problems in mirroring? *Behavioral and Brain Functions*, 4(1), 47.
- Pizzamiglio L, Aprile T, Spitoni G, Pitzalis S, Bates E, D'amico S, & Di Russo F.

- (2005). Separate neural systems for processing action-or non-action-related sounds. *Neuroimage*, 24(3), 852-861.
- Rizzolatti G, & Craighero L. (2004). The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, & Fogassi L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, 3(2), 131-141.
- Rizzolatti G, Fogassi L, & Gallese V. (2001). Opinion: Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature reviews. Neuroscience*, 2(9), 661 .
- Scheef L, Boecker H, Daamen M, Fehse U, Landsberg MW, Granath D.-O, Effenberg AO. (2009). Multimodal motion processing in area V5/MT: evidence from an artificial class of audio-visual events. *Brain research*, 1252, 94-104.
- Schmitz G, Mohammadi B, Hammer A, Heldmann M, Samii A, Münte TF, & Effenberg AO. (2013). Observation of sonified movements engages a basal ganglia frontocortical network. *BMC neuroscience*, 14(1), 32.
- Secoli, R, Milot M.-H, Rosati G, & Reinkensmeyer DJ. (2011). Effect of visual distraction and auditory feedback on patient effort during robot-assisted movement training after stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 8(1), 21.
- Seitz AR, & Dinse HR. (2007). A common framework for perceptual learning. *Current opinion in neurobiology*, 17(2), 148-153.
- Shams L, & Seitz AR. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in cognitive sciences*, 12(11), 411-417.
- Sors F, Murgia M, Santoro I, & Agostini T. (2015). Audiobased interventions in sport. *Open Psychol. J*, 8(3), 212-219.
- Tanaka S (2021) Mirror Neuron Activity During Audiovisual Appreciation of Opera Performance. *Frontiers in Psychology*. 11:563031.
- van Elk M, van Schie HT, Hunnius S, Vesper C, & Bekkering H. (2008). You'll never crawl alone: neurophysiological evidence for experience-dependent motor resonance in infancy. *Neuroimage*, 43(4), 808-814.
- Vinken PM, Kröger D, Fehse U, Schmitz G, Brock H, & Effenberg AO. (2013). Auditory coding of human movement kinematics. *Multisensory research*, 26(6), 533-552.
- Welch RB, Dutton LD, & Warren DH. (198). Contributions of audition and vision to temporal rate perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 39(4), 294-300.
- Woods EA, Hernandez AE, Wagner VE, & Beilock SL. (2014). Expert athletes activate somatosensory and motor planning regions of the brain when passively listening to familiar sports sounds. *Brain and cognition*, 87, 122-133.
- Wu C C, Hamm JP, Lim V.K, and Kirk IJ. (2016). Mu rhythm suppression demonstrates action representation in pianists during passive listening of piano melodies. *Experimental Brain Research*, 234, 2133-2139.



#### COPYRIGHTS

© 2022 by the authors. Licensee PNU, Tehran, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)