

تأثیر مشاهده و تصویرسازی عمل بر سرکوب ریتم میو در پرتاب آزاد بسکتبال

*فرزانه حاتمی^۱، فرشید طهماسبی^۲، الهام حاتمی شاه‌میر^۳

۱. استادیار، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
 ۲. استادیار، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
 ۳. دانشجوی دکتری کنترل حرکتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- (تاریخ وصول: ۹۶/۰۲/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۸)

The Effect of Action Observation and Motor Imagery on Mu Rhythm Suppression in Basketball Free Throw Shot

*Farzaneh Hatami¹, Farshid Tahmasbi², Elham Hatami Shahmir³

1. Assistant Professor, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

3. PhD student in Motor control, Tehran University, Tehran, Iran.

Received: (May. 04, 2017)

Accepted: (Jun. 18, 2017)

Abstract:

Introduction: The purpose of present study was to examine the effects of action observation and motor imagery on mu rhythm suppression in basketball free throw shot. **Method:** 10 novice male students (mean age 23.2 ± 1.5 years) voluntarily participated in this study. The observation and imagery order was counterbalanced. Participants' Brain Waves were recorded by electroencephalograph in four conditions, open and closed eye resting, observing and imagery of free throw shot in external perspective. Mu rhythm Suppression was calculated as a ratio of the alpha power during observation and imagery relative to the alpha power in the baseline conditions (open and closed eyes rest). **Findings:** Results of ANOVA (2×3) with the within-subject factors of condition (Observation, Imagery) and brain area (C3, CZ, C4) relative to the resting period with open and closed eyes showed that only the main effect of the condition were significant ($P \leq 0.01$), so that, there were significant differences between mu rhythm suppression in observation and imagery conditions. In other words, mu rhythm in observation condition was more significantly suppressed compared to the imagery condition ($P \leq 0.01$), but the main effect of brain area and the interaction of both variables were not significant. **Conclusion:** Results of present study suggest that more mu rhythm suppression in action observation compared to imagery condition reflects more reactivity of mirror neurons to action observation. It appears that observation is more effective strategy in educational situation.

Keywords: Mirror Neuron System, Motor Imagery, Action Observation, Mu Rhythm, Basketball Free Throw Shot.

چکیده:

مقدمه: هدف از اجرای پژوهش حاضر، تعیین تأثیر مشاهده و تصویرسازی پرتاب آزاد بسکتبال بر واکنش نوروهای آینه‌ای بود. **روش:** ۱۰ دانشجوی پسر مبتدی (میانگین سنی: 23.2 ± 1.5 سال) به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. ترتیب مشاهده و تصویرسازی به صورت موازنه متقابل کنترل شد. امواج مغزی شرکت‌کنندگان در چهار حالت استراحت با چشمان باز، بسته، مشاهده و تصویرسازی پرتاب آزاد به صورت بیرونی توسط دستگاه الکتروانسفالوگرافی ثبت گردید. سرکوب ریتم میو به صورت نسبت توان موج آلفا در حالت مشاهده و تصویرسازی به توان موج آلفا در حالت استراحت با چشمان باز و بسته محاسبه شد. **یافته‌ها:** نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی 2×3 (شرایط آزمون: مشاهده و تصویرسازی؛ منطقه عصبی: C3، CZ، C4) در دو حالت استراحت با چشمان باز و بسته نشان می‌دهند که اثر اصلی شرایط آزمون معنادار است ($P \leq 0.01$)، به گونه‌ای که بین سرکوب ریتم میو در دو حالت مشاهده و تصویرسازی تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارت دیگر، ریتم میو در حالت مشاهده نسبت به تصویرسازی به طور معناداری بیشتر سرکوب شده است ($P \leq 0.01$)، اما اثر اصلی منطقه عصبی و تعامل آن‌ها معنادار نبود. **نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق پیشنهاد می‌کنند که سرکوب بیشتر ریتم میو در حالت مشاهده نسبت به تصویرسازی نشان‌دهنده‌ی واکنش بیشتر نوروهای آینه‌ای به مشاهده‌ی عمل است. لذا به نظر می‌رسد مشاهده نسبت به تصویرسازی راهبرد مؤثرتری در فرایند آموزش است.

واژگان کلیدی: سیستم نوروهای آینه‌ای، تصویرسازی حرکتی، مشاهده عمل، ریتم میو، پرتاب آزاد بسکتبال.

*نویسنده مسئول: فرزانه حاتمی

Corresponding Author: Farzaneh Hatami

E-mail: fhatami2010@gmail.com

مقدمه

کملز^۹، (۲۰۰۸). مشاهده عمل به مشاهده عملکرد سایر افراد یا یک الگو اطلاق می‌شود (کیم و کروز^{۱۰}، ۲۰۱۱). مشاهده یک فرایند پایین به بالا و مبتنی بر ادراک است که عمدتاً تحت کنترل ناهشیار فرد مشاهده‌گر است (هولمز و کملز، ۲۰۰۸).

حجم وسیعی از ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که یک هم‌ارزی کارکردی^{۱۱} بین اجرای مهارت، تصویرسازی و مشاهده اعمال انسان وجود دارد (جینرود، ۲۰۰۱). یک توجه در خصوص مکانیسم‌های عصبی مشترک بیان می‌کند که بازنمایی حرکتی در مغز مسئول شبیه‌سازی حرکات بدن است (جینرود، ۲۰۰۱). بر اساس نظریه شبیه‌سازی ذهنی^{۱۲}، یک حرکت دارای یک مرحله پنهان است که شامل هدف، راه‌های دستیابی به آن و پیامدهای آن است. اعمال در مرحله پنهان، شامل فعالیت‌هایی است که اجرا نمی‌شوند. تصویرسازی حرکتی (شبیه‌سازی هشیار و خودخواسته اعمال خود فرد) و مشاهده عمل (ادراک اعمال توسط دیگران) موقعیت‌هایی هستند که مرحله پنهان را تشکیل می‌دهند. تفاوت بین این دو شرایط شناختی در این است که تصویرسازی حرکتی به صورت درونی ایجاد می‌شود درحالی‌که مشاهده عمل توسط یک

یادگیری حرکتی^۱ شامل مطالعه فرایندهای درگیر در اکتساب مهارت‌های حرکتی و متغیرهای اثرگذار بر آن است (ادواردز^۲، ۲۰۱۰). مهارت‌های حرکتی، دارای اجزای شناختی و جسمانی هستند و هر دو جز شناختی و جسمانی در اجرای بیشتر مهارت‌های حرکتی سهیم هستند، بنابراین، نه تنها، تمرین جسمانی بلکه مداخلات شناختی مانند تصویرسازی حرکتی^۳ و مشاهده عمل^۴ می‌توانند اکتساب مهارت حرکتی را تسهیل نمایند (مگیل^۵، ۲۰۱۱). تحقیقات تجربی نشان می‌دهند که مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی را می‌توان به‌عنوان یک ابزار اثربخش برای بهبود جنبه‌هایی از یادگیری مهارت حرکتی در نظر گرفت (گونزالس‌رزا^۶ و همکاران، ۲۰۱۵؛ ایوز، ریچ، هولمز و رایت^۷، ۲۰۱۶). تصویرسازی حرکتی یا فرایند شبیه‌سازی شناختی فرایندی است که در آن یک بازنمایی از عمل با استفاده از حواس مختلف در ذهن ایجاد می‌گردد (جینرود^۸، ۱۹۹۴). تصویرسازی شامل ایجاد یک بازنمایی سمبولیک از حافظه است که عمدتاً یک فرایند بالا به پایین و مبتنی بر دانش است و تحت کنترل هشیار فردی است که تصویرسازی انجام می‌دهد (هولمز و

1. Motor learning
2. Edwards
3. Motor imagery
4. Action observation
5. Magil
6. Gonzalez-Rosa
7. Eaves, Riach, Holmes & Wright
8. Jeannerod

9. Holmes & Calmels
10. Kim & Cruz
11. Functional equivalence
12. Mental simulation theory

مفهوم پیشنهاد می‌کند که این نورون‌ها در نقشه برداری حرکات دیگران در مغز بدون اجرای جسمانی واقعی حرکت ایفای نقش می‌کنند (ریزولاتی و کریگرو^۸، ۲۰۰۸).

اگرچه، نورون‌های آینه‌ای ابتدا در منطقه F5 قشر پیش حرکتی میمون کشف شد، با این حال، تعداد زیادی از تحقیقات از وجود یک سیستم آینه‌ای در مناطق مشابهی از مغز انسان حمایت می‌کنند (چنگ^۹ و همکاران، ۲۰۰۸). اعتقاد بر این است که مشاهده و تصویرسازی نشان‌دهنده یک مرحله نامحسوس از اجرای عمل است که توسط مناطق قشری که معمولاً در برنامه‌ریزی و اجرا درگیر می‌شوند مانند منطقه مکمل حرکتی^{۱۰}، قشر پیش حرکتی و قشر حرکتی اولیه^{۱۱} کنترل می‌شود (جینرود، ۲۰۰۱). به نظر می‌رسد که قشر پیش حرکتی به‌ویژه در این سه فرایند اجرای حرکت، مشاهده (ریزولاتی، کریگرو، ۲۰۰۸) و تصویرسازی درگیر می‌شود (میچلون، وتل و زاکس^{۱۲}، ۲۰۰۶).

شواهد همگرایی وجود دارد که نشان می‌دهد ریتم میو^{۱۳} می‌تواند دریچه‌ای به سوی مطالعه فعالیت سیستم نورون‌های آینه‌ای در انسان باشد (ریزولاتی، کریگرو، ۲۰۰۸). ریتم میو برای اولین بار در سال ۱۹۵۴ توصیف شد (لاپنتا و بوگی^{۱۴}،

محرک بیرونی تحریک می‌شود (لوری^۱ و همکاران، ۲۰۱۳؛ فیلیمون، نلسون، هاگلر و سرنو^۲، ۲۰۰۷).

نظریه شبیه‌سازی ذهنی همچنین بیان می‌کند که تصویرسازی حرکت، مشاهده عمل و اجرای تکلیف یک شبکه عصبی حرکتی را به‌طور مشابه فعال می‌سازند. این فعالیت عصبی مشترک بین این فرایندها، هم ارزی کارکردی نامیده می‌شود (جینرود، ۲۰۰۱؛ هولمز و کالینز^۳، ۲۰۰۱). شواهد قابل توجهی از مکانیسم‌های عصبی مشترک در نورون‌های آینه‌ای^۴ هنگام مشاهده عمل، تصویرسازی حرکتی و اجرای واقعی عمل حمایت می‌کنند (ریزولاتی^۵، ۲۰۰۵؛ ریزولاتی، فوگاسی، گالیسی^۶، ۲۰۰۱؛ کنون و همکاران^۷، ۲۰۱۴). نورون‌های آینه‌ای نوع خاصی از نورون‌ها هستند که هنگام اجرای یک حرکت هدفمند و همچنین مشاهده فرد دیگری که همان عمل را انجام می‌دهد، فعال می‌شوند (ریزولاتی و همکاران، ۲۰۰۱). در حقیقت این گروه از سلول‌ها دقیقاً مانند آینه عمل می‌کنند و به همین دلیل نورون‌های آینه‌ای نام گرفته‌اند. این نورون‌های بینایی - حرکتی دارای یک ویژگی منحصربه‌فردی هستند که یک سیستم یکپارچگی مشاهده - اجرا را به وجود می‌آورند (هولمز و کملز، ۲۰۰۸). این

8. Rizzolatti & Craighero

9. Cheng

10. Supplementary motor area (SMA)

11. Primary motor cortex (M1)

12. Michelon

13. Mu rhythm

14. Lapenta & Boggio

1. Lorey

2. Filimon, Nelson, Hagler & Sereno

3. Holmes & Calmels

4. Mirror neurons

5. Rizzolatti

6. Rizzolatti, Fogassi & Gallese

7. Cannon

فعال کرده است. با توجه به اینکه این ریتم در هنگام اجرا و مشاهده عمل سرکوب می‌شود، به‌عنوان شاخصی از فعالیت سیستم نورون‌های آینه‌ای در نظر گرفته می‌شود (پیندا^۵، ۲۰۰۵؛ اوبرمن، مک‌کلری، رامچاندرا، پیندا، ۲۰۰۷).

حداقل سه دلیل برای ارتباط نورون‌های آینه‌ای با ریتم میو وجود دارد، اول اینکه نوسان ریتم میو در دامنه‌ای بین ۸ تا ۱۳ هرتز قرار دارد و هنگام اجرای یک عمل و همچنین مشاهده اجرای عمل توسط فرد دیگری سرکوب می‌شود. دوم اینکه ریتم میو هم مانند نورون‌های آینه‌ای، در اعمال هدفمند تحریک می‌شود (موتوکماراسوامی، جانسون^۶، ۲۰۰۴؛ موتوکماراسوامی، جانسون، مک‌کلری^۷، ۲۰۰۴) و اینکه ریتم میو یک ریتم حسی - حرکتی است که در سیستم ۱۰-۲۰ (سیستم نام‌گذاری مناطق) شامل مناطق C۱، C۲، C۳، C۴ است که با محل قرارگیری نورون‌های آینه‌ای همخوانی دارد (پیندا، ۲۰۰۵؛ فرانچز و زاپاتا، ۲۰۱۱؛ هابسون، بی - شاپ، ۲۰۱۶). لذا با توجه به اینکه سرکوب ریتم میو به‌عنوان معتبرترین شاخص فعالیت نورون‌های آینه‌ای است سه منطقه C۳، C۴، C۵ به‌عنوان شاخصی برای فعالیت نورون‌های آینه‌ای در نیمکره چپ، راست و نیمه میانی مغز مورد بررسی قرار گرفت.

سرکوب ریتم میو به‌صورت نسبت توان میو در شرایط آزمایشی (برای مثال، مشاهده و

۲۰۱۴). فرکانس ریتم میو بین ۸ تا ۱۳ هرتز و با دامنه‌ای کمتر از ۵۰ میلی ولت است و از نواحی حسی حرکتی مغز ثبت می‌شود (مناطق C۳، C۴، C۱، C۲، C۳، C۴) (هابسون، بی‌شاپ^۱، ۲۰۱۶). با وجود اینکه فرکانس و دامنه ریتم میو، شبیه ریتم آلفاست^۲، ریتم میو از نظر توپوگرافی و فیزیولوژیکی با آلفا متفاوت است. برخلاف موج آلفا که در یک فرکانس مشابه در حالت استراحت در قشر بینایی مشاهده می‌شود، ریتم میو، در قشر حرکتی در فاصله بین دو گوش یافت می‌شود (اوبرمن، مک‌کلری، رامچاندرا، پیندا^۳، ۲۰۰۷). هنگامی که فرد در حالت استراحت قرار دارد، سلول‌های قشر حسی حرکتی در حالت تقارن هستند. در صورتی که فرد عملی را اجرا کند یا عمل اجراشده توسط فرد دیگری را مشاهده کرده و یا آن را تصویرسازی کند، این نورون‌ها به‌صورت نامتقارن تحریک می‌شوند و در نتیجه، این عدم تقارن به کاهش توان ریتم میو منجر می‌شود (فورچلر، نیوپر، اندرو، ادلینگر^۴، ۱۹۹۷). در مطالعات سرکوب ریتم میو، شرایط آزمایشی با شرایط پایه که انتظار می‌رود سیستم نورون آینه‌ای در آن حالت غیرفعال است، مقایسه می‌شود. توان میو در شرایط آزمایشی نسبت به حالت پایه کاهش می‌یابد و این‌گونه تفسیر می‌شود که شرایط آزمایشی، نورون‌های قشر حسی حرکتی را

1. Hobson & Bishop
2. Alpha
3. Oberman, McCleery, Ramachandran & Pineda
4. Pfurtscheller, Neuper, Andrew & Edlinger

5. Pineda
6. Muthukumaraswamy, Johnson
7. McNair

معناداری مشاهده نشد (فرانچز و زاپاتا، ۲۰۱۱). روزینک و زایدویند^۲ (۲۰۱۰) تحریک پذیری قشری - نخاعی را در شرایط متنوع مانند مشاهده فعال و غیرفعال، تصویرسازی جنبشی و بینایی و اجرای یک تکلیف ساده و پیچیده توالی انگشتان با استفاده از تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای مغز^۳ انجام دادند. یافته‌های تحقیق نشان دادند که تحریک‌پذیری قشری - نخاعی در طول مشاهده فعال در مقایسه با مشاهده غیرفعال افزایش یافت، تفاوت معناداری در این تحریک‌پذیری بین دو نوع تصویرسازی فعال و غیرفعال مشاهده نشد و تکلیف پیچیده به تحریک‌پذیری بیشتری در مقایسه با تکلیف ساده توالی انگشتان منجر شد.

کیم و کیم (۲۰۱۶) سرکوب ریتم میو را در شرایط ارائه محرک بینایی و غیربینایی در افراد سالم بزرگسال مورد مقایسه قرار دادند. شرکت‌کنندگان ویدئویی از اعمال اجراشده توسط دست را مشاهده می‌کردند. در این تحقیق، ابتدا یک صفحه سفید، سپس علامت مربوط به عمل و درنهایت، عمل دست توسط شرکت‌کننده مشاهده شد. دامنه EEG در باند فرکانس ۱۳-۸ هرتز در قشر حسی - حرکتی قبل، بعد و در حین مشاهده اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که توان میو در هنگام مشاهده اشیاء دست‌کاری شده توسط دست در هر دو حالت به‌طور معناداری کاهش یافته است. هنگامی که دروندادهای بینایی مربوط به

تصویرسازی) به توان میو در حالت پایه (استراحت) محاسبه می‌شود (اوبرمن و همکاران، ۲۰۰۵؛ ریماکرز، ویرزسما، روئیرز، ۲۰۰۹). این نسبت برای کنترل تغییرپذیری در توان مطلق EEG به علت تفاوت‌های فردی مانند مقاومت یا ضخامت جمجمه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶).

امروزه محققان به دنبال شناسایی نقش نوروهای آینه‌ای در مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی هستند. برای مثال، کیم و کروز (۲۰۱۱) تحقیقی را با هدف بررسی تفاوت در سرکوب ریتم میو در مشاهده و تصویرسازی عملکرد گلف انجام دادند. نتایج نشان داد که ریتم میو در گروه مشاهده عمل به‌طور معناداری بیشتر از دو گروه تصویرسازی سرکوب شده است. در تحقیق دیگری، فرانچز و زاپاتا (۲۰۱۱) سرکوب ریتم میو را هنگام مشاهده و تصویرسازی حرکت مهره در صفحه شطرنج مورد بررسی قرار دادند. فعالیت الکتریکی مغز هنگام مشاهده صفحه سفید، مشاهده ویدئویی از مهره تنها در یک مربع و تصویرسازی اجرای کامل حرکت ثبت شد. یافته‌ها نشان دادند که بین سرکوب ریتم میو در شرایط پایه، مشاهده و تصویرسازی تفاوت معناداری وجود دارد و ریتم میو هنگام مشاهده در مقایسه با تصویرسازی به‌طور معناداری سرکوب بیشتری شده است. علاوه بر این، سرکوب ریتم میو در مناطق C^۳ و C^۴ مغز (ناحیه مرکزی چپ و راست) مشابه بود و عدم تقارن نیمکره‌ای

2. Roosink and zijdewind
3. Transcranial magnetic stimulation (TMS)

1. Raymaekers Wiersema & Roeyers

فرزانه حاتمی و همکاران: تأثیر مشاهده و تصویرسازی عمل بر سرکوب ریتم میو در پرتاب آزاد بسکتبال

سرکوب در منطقه حسی حرکتی می‌شود. بیشتر تحقیقات در این حیطه از تکالیف غیرورزشی استفاده کرده‌اند، برای مثال فرانچز و زاپاتا (۲۰۱۰) از حرکت مهره در صفحه شطرنج و گنزالس‌رزا و همکاران (۲۰۱۵) از الگوی هماهنگی حرکتی با دست و پا استفاده کردند. علاوه بر این، بیشتر تحقیقات اثر تصویرسازی و مشاهده را به‌عنوان مداخلات شناختی به‌صورت مجزا موردبررسی قرار داده‌اند. از سوی دیگر، صرف‌نظر از اثربخشی تصویرسازی در حوزه یادگیری حرکتی، تصویرسازی دارای محدودیت‌هایی کاربردی شامل تفاوت‌های فردی در توانایی تصویرسازی و سطح مهارت اجراکنندگان است؛ بنابراین هدف از اجرای تحقیق حاضر تعیین تأثیر مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی بر سرکوب ریتم میو در شوت سه‌گام بسکتبال است. به‌عبارت‌دیگر، این تحقیق به‌منظور آزمون قابلیت کاربرد مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی در شرایط آموزشی اجرا شد. کدام‌یک از راهبردهای شناختی در فعال‌سازی سیستم نوروهای آینه‌ای مؤثرترند و اینکه کدام‌یک از راهبردهای مذکور منجر به سرکوب بیشتر ریتم میو در مناطق C^۳، C^۴، Cz مغز می‌گردد؟

روش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون بود. شرکت‌کنندگان

عمل پایان یافت، توان میو افزایش معناداری داشت، هرچند، توان میو پس از مشاهده در شرایط محرک غیربینایی افزایش بیشتری را نشان داد (کیم و کیم، ۲۰۱۶)

گنزالس - رزا^۱ و همکاران (۲۰۱۵) اثرات تصویرسازی و مشاهده عمل را در یادگیری یک تکلیف هماهنگی با چهار اندام دست - پا با استفاده از تحلیل الکتروانسفالوگرافی و کینماتیک مقایسه کردند. EEG پایه با چشمان باز و بسته در حالت استراحت در پیش‌آزمون، دوره تمرین و اجرای تکلیف ثبت شد. تکلیف حرکتی شامل خم و باز شدن دست و پای راست و چپ بود. شرکت‌کنندگان بلافاصله پس از مرحله تمرین، تکلیف حرکتی را انجام دادند و ارزیابی کینماتیکی و EEG در طول مرحله تمرین و اجرای عمل نیز ثبت شد. گروه مشاهده عمل در دوره تمرین، سرکوب قوی‌تری در باند آلفا در منطقه پیشانی مرکزی و آهیانه‌ای نسبت به گروه تصویرسازی داشتند. در مرحله اجرای تکلیف، خطاهای کینماتیکی در گروه مشاهده عمل در مقایسه با گروه تصویرسازی و کنترل به‌طور معناداری کمتر بود. یافته‌های تحقیق پیشنهاد می‌کنند که مشاهده عمل مشاهده عمل در ارتقای یادگیری یک تکلیف پیچیده جدید مؤثرتر از تصویرسازی است (گنزالس‌رزا و همکاران، ۲۰۱۵). فورچلر و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که اجرا و تصویرسازی حرکت منجر به

1. Gonzalez-Rosa

بدین معنا که این افراد به لحاظ توانایی تصویرسازی نمره بالاتر از میانگین کسب کردند. با پذیرش این دو پیش فرض که شرکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه‌ها صادقانه عمل کرده و توانایی همگی در تصویرسازی یکسان است، سایر مراحل پژوهش صورت گرفت. ابتدا برای شرکت کنندگان پاره‌ای از توضیحات در خصوص اهداف و مراحل آزمون بیان شد. یک هفته قبل از آزمون پرسشنامه‌های مورد نظر برای انتخاب شرکت کنندگان بین داوطلبان توزیع شد و از میان آنان ۱۰ نفر انتخاب شدند. در این تحقیق پیش از شروع آزمایش، فیلم صحیح اجرای پرتاب آزاد توسط یک ورزشکار ماهر به نمایش گذاشته شد و از آنان خواسته شد تا به دقت به وضعیت پاها و دست‌ها توجه کنند. پس از یک ساعت امواج مغزی آن‌ها در ۴ بلوک دودقیقه‌ای با دو دقیقه استراحت مابین هر بلوک ثبت شد. در دو بلوک اول، در دو حالت چشم باز و چشم بسته فعالیت نورون‌های آینه‌ای به مدت دو دقیقه ثبت شد. این دو بلوک مبنایی برای حالت استراحت یا خط پایه فراهم آورد. در حالت چشم باز افراد به صفحه سفید مانیتور خیره می‌شدند و از آنان خواسته شد تا حرکات سر و گردن و اندام‌ها را برای کاهش آرتیفکت به حداقل برسانند. بعد از به دست آمدن خط پایه، فیلم ویدئویی ضبط شده از مهارت پرتاب آزاد به افراد نشان داده شد و هم‌زمان با این نمایش به مدت دو دقیقه فعالیت نورون‌های آینه‌ای

پژوهش حاضر شامل ۱۰ ورزشکار پسر ۲۱ تا ۲۴ ساله (میانگین سنی $20/69 \pm 1/10$) که به صورت داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند و رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. افراد شرکت کننده فاقد هرگونه مشکلات عصب‌شناختی، آسیب جسمانی و نقص بینایی بوده و همگی راست دست (بر اساس نتایج به دست آمده از پرسشنامه دست برتری ادینبرگ) بودند. با توجه به اینکه دو نیمکره راست و چپ مغز به لحاظ کارکردی نامتقارن هستند و بر اساس پژوهش‌های انجام شده تفاوت در ساختار دو نیمکره در مردان راست دست بیشتر است و این تفاوت‌ها در زنان و افراد چپ دست کمتر مشهود است (آلوس، فوکوشیما، آزنار کاساناوا، ۲۰۰۸)، از این رو با انتخاب مردان راست دست تلاش شد تا شرایط اجرای پژوهش یکسان انتخاب شود. مراحل پژوهش طی سه روز و از ساعت ۹ تا ۱۲ انجام شد. جهت حفظ انگیزش شرکت کنندگان علاوه بر تشریح اهداف و اهمیت پژوهش، مبلغی جهت شرکت در پژوهش به شرکت کنندگان پرداخت شد.

به منظور انتخاب افراد همگن به لحاظ توانایی تصویرسازی، میزان توانایی افراد در تصویرسازی با استفاده از دو پرسشنامه تصویرسازی حرکتی - ۳ و توانایی تصویرسازی ورزشی مورد ارزیابی قرار گرفت و افرادی وارد پژوهش شدند که در پرسشنامه اول امتیاز بالای ۵۰ و در پرسشنامه دوم بالای ۶۰ را کسب کردند،

ثبت شد، در موقعیت دیگر از افراد خواسته شد تا از نمای بیرونی مهارت پرتاب آزاد بسکتبال را با جزئیات تصویرسازی کنند و طی دو دقیقه تصویرسازی فعالیت امواج نوروهای آینه‌ای ثبت شد. به عبارت دیگر بلوک سوم و چهارم مربوط به ثبت امواج مغزی افراد در حین مشاهده و تصویرسازی بود که به منظور رعایت اثر ترتیب نیمی از افراد ابتدا ویدئویی اجرای مهارت را مشاهده نموده و سپس مهارت را به صورت بیرونی تصویرسازی کردند و در نیمه دیگر افراد این ترتیب معکوس شد.

ابزار: برای جمع‌آوری اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان از جمله سن، سطح آشنایی با مهارت، سوابق بیماری و ... از پرسشنامه محقق ساخته استفاده شد. به منظور انتخاب افراد راست‌دست، از پرسشنامه دست برتری ادینبرگ^۱ (۱۹۷۰) استفاده شد. روان‌سنجی این پرسشنامه در ایران مورد بررسی قرار گرفته و تأیید شده است (علی‌پور و آگاه هریس، ۱۳۸۶). برای ارزیابی و انتخاب شرکت‌کنندگانی با توانایی طبیعی در تصویرسازی از دو پرسشنامه تصویرسازی حرکتی - ۲۳ (ویلیامز^۳ و همکاران، ۲۰۱۲) و توانایی تصویرسازی ورزشی^۴ (ویلیامز و کامینگ، ۲۰۱۱) استفاده شد.

پرسشنامه تصویرسازی حرکتی - ۳ دارای ۱۲ گویه است و مقیاس ۷ ارزشی است. این پرسشنامه دارای ۳ خرده مقیاس تصویرسازی بینایی بیرونی، تصویرسازی بینایی درونی و تصویرسازی جنبشی است و سهولت تصویرسازی را اندازه‌گیری می‌کند. پرسشنامه توانایی تصویرسازی ورزشی (ویلیامز و کامینگ، ۲۰۱۱) دارای ۱۵ گویه بوده و توانایی تصویرسازی ورزشکار را در موقعیت‌های ورزشی در یک مقیاس ۷ ارزشی اندازه‌گیری می‌کند و خرده مقیاس‌های آن شامل توانایی تصویرسازی مهارت، راهبرد، هدف، هیجان و تبحر است.

محرک دیداری، این آزمایش شامل یک فیلم ویدئویی بود که در آن یک الگوی ماهر، مهارت پرتاب آزاد بسکتبال را اجرا می‌کرد. بدین صورت که الگو بر روی خط پرتاب آزاد ایستاده و با رعایت تکنیک دقیق دست‌ها و پاها مهارت را به نمایش می‌گذارد.

همچنین به منظور ثبت فعالیت الکتریکی مغز از دستگاه الکتروانسفالوگرافی دیجیتالی^۸ کاناله ویلیستوس^۶ (ساخت کشور انگلستان) استفاده شد. الکترودهای دیسکی مخصوص ثبت استاندارد EEG بر اساس سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ بر روی جمجمه و در سه منطقه C^۳، C^۴، Cz قرار گرفت. الکترودها بر اساس مونتاژ تک‌قطبی چیده شدند. الکتروود مرجع بر روی گوش راست و الکتروود گراند بر

1. Edinburgh Handedness Inventory
2. Movement imagery Questionnaire- 3 (MIQ-3)
3. Williams
4. Sport imagery ability Questionnaire (SIAQ)
5. Cumming

6. Vilistus

چهار متغیر وابسته محاسبه شد. نسبت کمتر از صفر، سرکوب ریتم میو را نشان می‌دهد. مقادیر صفر، عدم تغییر در ریتم میو و مقادیر بزرگ‌تر از صفر افزایش در ریتم میو را نشان می‌دهد (برنیر، داوسون، وب و موریاس، ۲۰۰۷)

به منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو - ویلک استفاده شد. به منظور مقایسه سرکوب ریتم میو در شرایط مشاهده و تصویرسازی در سه منطقه عصبی C^۳، C^۴ و CZ نسبت به حالت استراحت با چشم‌های باز و بسته از تحلیل واریانس در یک طرح ۳ × ۲ با عوامل درون‌گروهی شرایط (مشاهده و تصویرسازی) و منطقه عصبی (C^۳، C^۴ و CZ) استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS^{۲۴} و در سطح معناداری $P \geq 0/05$ انجام شد.

میانگین و انحراف معیار سرکوب ریتم میو در شرایط مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی در سه منطقه عصبی C^۳، C^۴ و CZ نسبت به حالت استراحت با چشم‌های باز و بسته در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس در یک طرح ۳ × ۲ با عوامل درون‌گروهی شرایط آزمون (مشاهده و تصویرسازی) و مناطق مغزی C^۳، C^۴، CZ در متغیر سرکوب ریتم میو محاسبه شده نسبت به حالت استراحت با چشم‌های باز در جدول ۲ خلاصه شده است.

روی گوش چپ نصب شد. این دستگاه به وسیله فیلتر تنظیم شده امواج ناخواسته را حذف می‌کند. اخذ سیگنال و تقویت آن با استفاده از بخش سخت‌افزاری دستگاه و تبدیل و آنالیز این سیگنال‌ها توسط نرم‌افزار ویلیستوس پرو^۱ صورت گرفت. برای تبدیل نمایش گرافیکی امواج به اعداد و نیز متمایز ساختن امواج از یکدیگر از تبدیل فوریه سریع^۲ استفاده شد.

یافته‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها، دامنه امواج مغزی ریتم میو با فرکانس ۸ تا ۱۳ هرتز در سه ناحیه استخراج شد. به منظور محاسبه سرکوب ریتم میو از نسبت توان ریتم میو در شرایط آزمایش به شرایط استراحت استفاده شد. با توجه به اینکه توابع نسبت ذاتاً غیرطبیعی هستند، از تبدیل لگاریتم نسبت توان ریتم میو در حالات مشاهده، نسبت به توان میو در حالت استراحت (با فرض اینکه تقارن میو در وضعیت استراحت بالاترین مقدار را داراست) استفاده شد؛ بنابراین لگاریتم نسبت ریتم میو در حالت مشاهده به مقدار ریتم میو در حالت استراحت با چشمان باز و بسته و لگاریتم نسبت ریتم میو در حالت تصویرسازی نسبت به مقدار ریتم میو در حالت استراحت نسبت به چشمان باز و بسته به عنوان

1. Vilstuspro
2. Fast Fourier transform - FFT

فرزانه حاتمی و همکاران: تأثیر مشاهده و تصویرسازی عمل بر سرکوب ریتم میو در پرتاب آزاد بسکتبال

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار سرکوب ریتم میو حین مشاهده و تصویرسازی در سه منطقه عصبی C۳، C۴ و Cz نسبت به

حالت استراحت با چشم‌های باز و بسته

C4	Cz	C3		
۰/۹۲ ± ۰/۱۲	۰/۸۹ ± ۰/۱۴	۰/۸۶ ± ۰/۰۹	مشاهده	دوره استراحت با چشم‌های باز
۱/۶۵ ± ۰/۲۹	۱/۶۹ ± ۰/۳۲	۱/۵۲ ± ۰/۳۶	تصویرسازی	
۰/۵۱ ± ۰/۱۶	۰/۴۷ ± ۰/۱۴	۰/۴۹ ± ۰/۱۵	مشاهده	دوره استراحت با چشم‌های بسته
۰/۸۸ ± ۰/۱۱	۰/۸۶ ± ۰/۱۲	۰/۸۳ ± ۰/۱۶	تصویرسازی	

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با عوامل درون‌گروهی نسبت به حالت استراحت با چشم‌های باز

مجذور اتا	سطح معناداری	F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	
۰/۸۱۲	۰/۰۰۱	۳۸/۹۹*	۷/۹۵	۱ و ۹	۷/۹۵	شرایط آزمون
۰/۳	۰/۰۹۶	۳/۸۹۲	۰/۰۵۷	۲ و ۱۸	۰/۱۱۴	منطقه عصبی
۰/۲۳۶	۰/۰۸۹	۲/۷۸	۰/۰۲۲	۲ و ۱۸	۰/۴۴	تعامل شرایط و منطقه

*در سطح $P \leq 0/01$ معنی‌دار است.

۱/۶۲) به‌طور معناداری سرکوب بیشتری شده است ($p = 0/001$).

نتایج آزمون تحلیل واریانس در یک طرح 2×3 با عوامل درون‌گروهی شرایط آزمون (مشاهده و تصویرسازی) و منطقه عصبی C۳، C۴، Cz در متغیر سرکوب ریتم میو محاسبه شده نسبت به حالت استراحت با چشم‌های بسته در جدول ۳ خلاصه شده است.

یافته‌های جدول فوق نشان می‌دهند که اثر اصلی شرایط آزمون معنادار است اما اثر اصلی منطقه عصبی و اثر تعامل این دو متغیر معنادار نیست. به‌عبارت‌دیگر تفاوت معناداری بین سرکوب ریتم میو در دو شرایط تصویرسازی و مشاهده وجود دارد. یافته‌های آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که ریتم میو در حالت مشاهده ($0/896 \pm 0/34$) در مقایسه با تصویرسازی ($0/9 \pm$)

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با عوامل درون‌گروهی نسبت به حالت استراحت با چشم‌های بسته

مجذور اتا	سطح معناداری	F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	
۰/۸۳۷	۰/۰۰۱	۴۶/۳۶*	۲	۱ و ۹	۲	شرایط آزمون
۰/۱۱۹	۰/۳۲۱	۱/۲۱۳	۰/۰۰۹	۲ و ۱۸	۰/۰۱۷	منطقه عصبی
۰/۲۰۲	۰/۱۳۲	۲/۲۷۵	۰/۰۰۳	۲ و ۱۸	۰/۰۰۶	تعامل شرایط و منطقه

*در سطح $P \leq 0/01$ معنی‌دار است.

(تصویرسازی نسبت به چشمان باز و بسته، مشاهده نسبت به چشمان باز و بسته) معنادار بود. به گونه‌ای که سرکوب ریتم میو در مشاهده بیشتر از سرکوب ریتم میو در تصویرسازی بود (در هر دو حالت چشمان باز و بسته). اثر اصلی مناطق مغزی (سه ناحیه C۳، C۴، CZ) بر سرکوب ریتم میو در تصویرسازی و مشاهده معنادار نبود. تعاملی مناطق مغزی و شرایط معنادار نبود.

نتایج پژوهش حاضر هم‌سو با سایر تحقیقات حاکی از سرکوب ریتم میو در حالت مشاهده و تصویرسازی بود (فورچلر و همکاران، ۱۹۹۴؛ یاکوبانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کیم و کروز، ۲۰۰۷؛ روزینک و زایدویند، ۲۰۱۰؛ فرانچز و زاپاتا، ۲۰۱۱؛ گنزالس - رزا و همکاران، ۲۰۱۵؛ کیم، پارک و کیم، ۲۰۱۶؛ کیم و کیم، ۲۰۱۶). در واقع با کشف نورون‌های آینه‌ای این ایده مطرح شد که ادراک و عمل ممکن است دارای کد عصبی مشترکی باشند که همین موضوع به بحثی جذاب در حوزه علوم عصبی شناختی، رشدی و اجتماعی تبدیل شد (کنون و همکاران، ۲۰۱۴). همان‌طور که پیش‌تر عنوان شد، دامنه نوسانات ریتم میو از ۸ تا ۱۳ هرتز بوده و در مناطق حسی حرکتی مغز ثبت می‌شود. زمانی که فرد در حالت استراحت است، هماهنگی سلول‌های مناطق حسی حرکتی مشاهده می‌شود زمانی که فرد در حال اجرای یک عمل، مشاهده آن و یا تصویرسازی است، توان این ریتم کاهش یافته و یا به عبارتی سرکوب می‌شود (فورچلر و همکاران، ۱۹۷۷؛ هابسون و بی‌شاپ؛

یافته‌های جدول فوق نشان می‌دهند که اثر اصلی شرایط آزمون معنادار است اما اثر اصلی منطقه عصبی و اثر تعامل این دو متغیر معنادار نیست. به عبارت دیگر تفاوت معناداری بین سرکوب ریتم میو در دو شرایط تصویرسازی و مشاهده نسبت به حالت استراحت با چشم‌های بسته وجود دارد. یافته‌های آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که ریتم میو در حالت مشاهده ($0/497 \pm 0/046$) در مقایسه با تصویرسازی ($0/863 \pm 0/497$) به‌طور معناداری سرکوب بیشتری شده است ($p = 0/001$).

نتیجه‌گیری و بحث

هدف از اجرای تحقیق حاضر، تعیین تأثیر مشاهده و تصویرسازی پرتاب آزاد بسکتبال بر واکنش نورون‌های آینه‌ای در سه منطقه C۳، C۴، CZ بود. نورون‌های آینه‌ای در مشاهده اعمال و تقلید آن‌ها، هنگام اجرا و تصویرسازی نقش دارند و امواج مغزی انسان نیز از این امر تأثیر می‌پذیرند (فرانچز و زاپاتا، ۲۰۱۱). سرکوب ریتم میو به‌عنوان شاخصی از فعالیت نورون‌های آینه‌ای حین انجام فعالیت حرکتی، مشاهده یا تجسم حرکت محسوب می‌شود (برنیر و همکاران، ۲۰۰۷)؛ اما این موضوع که نورون‌های آینه‌ای و ریتم میو به مشاهده مهارت و تصویرسازی چه واکنشی نشان می‌دهند در هاله‌ای از ابهام قرار دارد.

تجزیه و تحلیل کمی اطلاعات حاصل از ثبت EEG نشان داد که اثر اصلی متغیر موقعیت

فرزانه حاتمی و همکاران: تأثیر مشاهده و تصویرسازی عمل بر سرکوب ریتم میو در پرتاب آزاد بسکتبال

زایدویند با استفاده از تحریک مغناطیسی
جمجمه‌ای به چنین نتایجی دست یافتند.
برای مثال، کیم و کروز (۲۰۰۷) دریافتند که
در گروه مشاهده نسبت به گروه‌های تصویرسازی
با چشم باز و بسته سرکوب بیشتری در ریتم میو
دیدند. فرانچز و زاپاتا (۲۰۱۱) نشان دادند که
تفاوت معناداری در سرکوب ریتم میو بین
مشاهده، تصویرسازی و مشاهده صفحه سفید
وجود دارد، به گونه‌ای که ریتم میو در حالت
مشاهده سرکوب بیشتری را نسبت به تصویرسازی
به همراه داشت.

به اعتقاد جینرود (۲۰۰۱) مشاهده، تصویرسازی
و اجرای حرکت به صورت کارکردی هم‌ارز
هستند. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده و
مطابق با نظریه شبیه‌سازی ذهنی، فعال‌سازی
شبکه‌های حرکتی در تصویرسازی و مشاهده
حرکات انسان، مشابه فعال‌سازی در طول اجرای
عمل بوده (فیلیمون و همکاران، ۲۰۰۷). به نظر
می‌رسد فعال‌سازی شبکه حرکتی و افزایش
تحریک‌پذیری قشر حرکتی اولیه به علت
دروندهای سیستم نورون‌های حرکتی رخ
می‌دهد (اوناناتی، کندیدی، اورگسی، ۳، ۲۰۱۳). این
مکانیسم برای طرح‌ریزی اعمال مهم بوده و با
پیش‌بینی سایر اعمال و همچنین ابراز همدلی و
نیز توسعه زبان در ارتباط است (هی‌کاک، ۴، ۲۰۰۹).
یکی از فرضیات موجود در خصوص مکانیسم‌های

۲۰۱۶؛ اوبرمن و همکاران، ۲۰۰۵). به همین علت
است که مشاهده (الگودهی) و تصویرسازی
به‌عنوان دو مداخله شناختی مؤثر در یادگیری
قلمداد می‌شوند (ایوز و همکاران، ۲۰۱۶).

باین‌حال، نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن
بود که مشاهده در مقایسه با تصویرسازی
سرکوب بیشتری در ریتم میو را به همراه داشته
است که این امر در هر دو حالت استراحت با
چشم باز و بسته هیچ تفاوتی نداشت. این امر با
حجم وسیعی از تحقیقاتی همسان است که بیان
می‌کنند سیستم حرکتی حین مشاهده فعال می‌شود.
به نظر می‌رسد مشاهده اعمال هدفمند به‌طور
خودکار با بخش‌های حرکتی در ارتباط است، این
بخش‌ها محتوی بازنمایی‌های حرکتی‌اند که باعث
فعال‌سازی نورون‌های آینه‌ای می‌شوند (فورچلر و
همکاران، ۱۹۷۷؛ پرووریو، ۲۰۱۲). سرکوب
ریتم میو گویای فعال‌سازی نورون‌های آینه‌ای
(برادبارت، ویلیامز و ویترا، ۲۰۱۳) و بدین ترتیب
کاهش سرکوب ریتم بیانگر عدم فعالیت یا وضعیت
استراحت نورون‌های آینه‌ای است (پیندا، ۲۰۰۵؛
اوبرمن و همکاران، ۲۰۰۷).

در پژوهش حاضر مشاهده موجب سرکوب
بیشتر موج میو نسبت به تصویرسازی شد که این
امر مشابه با تحقیقات کیم و کروز (۲۰۰۷)،
فرانچز و زاپاتا (۲۰۱۱)، کیم و کیم (۲۰۱۶) و
روزینک و زایدویند (۲۰۱۰) بود. البته روزینک و

3. Avenanti, Candidi & Urgesi
4. Hickok

1. Proverbio
2. Braadbaart, Williams & Waiter

مغزی زیربنایی بیان می‌دارد که شبیه‌سازی حرکات بدن بر اساس بازنمایی‌های حرکتی آن‌ها در مغز صورت می‌گیرد (گراش^۱، ۲۰۰۴؛ جینرود، ۲۰۰۱). بر اساس نظریه شبیه‌سازی ذهنی جینرود، یک حرکت شامل یک مرحله عمل مشخص است که دارای هدف، ابزار رسیدن به این هدف و پیامد حاصله است. این عمل مشخص می‌تواند تصویرسازی یک عمل یا مشاهده رفتار دیگران باشد

طی یک سری از تحقیقات انجام شده مشخص شد که ریتم میو طی مشاهده اعمال انجام شده بر روی اشیاء سرکوب می‌شود (روثر، براون، کلپ و بله باوم^۲، ۲۰۱۴). این امر گویای آن است که سرکوب ریتم میو در ارتباط با مجموعه‌ای از ساختارهایی است که مسئول تنظیم بازنمایی حرکتی اعمال بوده و نسبت به درونداد بصری حساسیت دارد (برادبارت و همکاران، ۲۰۱۳؛ کیم و کیم، ۲۰۱۶). یکی از تفاوت‌های تصویرسازی و مشاهده وجود و یا عدم یک محرک خارجی جهت راه‌اندازی عمل است (ایوز و همکاران، ۲۰۱۶). از همین رو به نظر می‌رسد وجود محرک بصری باعث پردازش بیشتر (کیم و کروز، ۲۰۱۱) و در نتیجه فعالیت بیشتر مناطق مغزی به‌ویژه در نواحی حسی حرکتی می‌گردد. همچنین بر اساس استدلال کیم و پارک (۲۰۰۷)، مشاهده اطلاعات روشن‌تر و واضح‌تری نسبت به

تصویرسازی ایجاد می‌کند، به همین دلیل نواحی مغز را بیشتر از تصویرسازی درگیر می‌کند. برخی مطالعات همچون مطالعه کنون و همکاران نشان داد که اجرای یک حرکت ریتم میو و ریتم بتا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین این محققان استدلال کردند که با تجربه فعال اجرای عمل، ریتم میو به‌ویژه در نیمکره راست بیشتر از حالت مشاهده سرکوب می‌شود (کنون و همکاران، ۲۰۱۴). با جمع‌بندی مطالب مطرح شده به نظر می‌رسد علت اینکه مشاهده موجب سرکوب بیشتر ریتم میو شده و وضوح محرک بصری است و از آنجا که در اجرای زنده نسبت به مشاهده محرک‌ها و اطلاعات بصری شفاف‌تر و زنده‌تر هستند، سرکوب بیشتری در ریتم میو مشاهده می‌شود که البته اظهارنظر در خصوص این امر نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. دو ویژگی وضوح و کنترل‌پذیری تصویرسازی در میزان کارآمدی این روش در آموزش و مداخلات گوناگون مهم است (خیلستروم، گلیسکای، پترسون و هاروی^۳، ۱۹۹۱). حین تصویرسازی، تصویر باید واضح و دارای جزئیات اصلی باشند و هرچه تصاویر مجسم شده با واقعیت تناسب بیشتری داشته باشند کارآمدی هم افزایش می‌یابد (آیروز، هاپ، ادواردز^۴، ۱۹۹۹). بر این اساس توجه به محیط، مانند دقت در طرز قرار گرفتن

3. Kihlstrom, Glisky, Peterson & Harvey
4. Ayres, Hopf & Edwards

1. Grush
2. Ruther, Brown, Klepp & Bellebaum

اطلاعات دریافتی دارد لذا سرکوب کمتری در حین تصویرسازی رخ می‌دهد.

بر این اساس، در انتها می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در یادگیری مهارت‌های حرکتی مشاهده عمل مؤثرتر از تصویرسازی است. با توجه به نتیجه‌ی تحقیق حاضر مبنی بر سرکوب بیشتر ریتم میو در زمان مشاهده‌ی الگوی ماهر، بهتر است در ابتدای آموزش مهارت به افراد مبتدی، نمایشی از فیلم ویدئویی اجرای مهارت توسط الگوی ماهر، به‌منظور ایجاد انگیزه و جذاب نشان دادن مهارت و همچنین کسب ویژگی‌های اصلی مهارت در فراگیر، ارائه گردد و سپس طی مراحل بعدی فنون تصویرسازی آموزش داده شود.

عدم امکان بررسی تمامی مناطق مغزی، محدودیت پژوهش حاضر به شمار می‌رود، چراکه احتمالاً ارتباطات نواحی - حسی - حرکتی با سایر نواحی مغزی از جمله آهیانه اطلاعات ارزشمندی را در اختیار خواهد گذاشت؛ لذا بررسی جامع کلی قشر مغز در پژوهش‌های آتی توصیه می‌شود. از سوی دیگر عدم اطمینان از کیفیت و وضوح تصویرسازی‌های انجام شده توسط شرکت‌کنندگان از جمله محدودیت‌هایی است که در کنترل پژوهشگر نبود. در ادامه پیشنهاد می‌شود در آینده، وضوح تصاویر ایجاد شده حین مشاهده دست‌کاری شده و سپس با تصویرسازی مقایسه صورت گیرد. بررسی میزان سرکوب ریتم میو در مشاهده تصاویر دوبعدی، سه‌بعدی و اجرای زنده در روشن ساختن اثرات وضوح و افزایش

وسایل ورزشی، نوع کف‌پوش و فاصله تماشاگر، به افزایش جزئیات وضوح تصویر کمک می‌کند. افکار و هیجانات مسابقه نیز باید مانند مسابقه واقعی درک شوند. تمرکز، احساس اضطراب، ناکامی، شادی و عصبانیت که به هنگام اجرای عادی پیش می‌آید، همه تصویر را واقعی‌تر می‌سازد. با این تفاسیر حین مشاهده اطلاعات بصری این جزئیات با وضوح بیشتری درک شده و در اجرای واقعی اعمال نیز اطلاعات موجود در محیط با کمترین اختلال دریافت می‌شوند که همین امر مبین اختلافات مشاهده شد در میزان سرکوبی ریتم میو در حالت مشاهده، تصویرسازی و اجرای واقعی است. از سوی دیگر، کنترل‌پذیری تصاویر از ویژگی‌های مهم تصویرسازی است که به توانایی تغییر و دست‌کاری تصاویر تا جایی است که تصویر مطلوب ایجاد شود، اشاره دارد. بعضی از ورزشکاران نمی‌توانند قدرت تصویرسازی خود را مهار کنند، به این معنی که به‌جای تصور اجرای حرکت صحیح، خود را به‌گونه‌ای تصور می‌کنند که در حال تکرار اشتباه‌اند (خیلستروم و همکاران، ۱۹۹۱؛ آیرز و همکاران، ۱۹۹۹). با مهار کردن تصویرسازی باید فقط آنچه مورد نظر است مجسم شود، وگرنه گرفتار تصاویر نامناسبی می‌شویم. این اتفاق حین مشاهده و اجرای زنده کمتر مشکل‌آفرین هستند و احتمالاً فرد حین اجرای زنده و مشاهده کنترل‌پذیری بیشتری بر

جزئیات تصاویر در فعالیت نوروهای آینه‌ای مؤثر خواهد بود. بررسی میزان سرکوب ریتم میو در افرادی با توانایی تصویرسازی بالا و پایین می‌تواند موضوع پژوهشی باشد تا از این طریق اثر توانایی ایجاد تصاویر واضح بر میزان سرکوب

ریتم میو مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاسگزاری: پژوهشگران بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را از موسسه پارند جهت تأمین تجهیزات الکتروانسفالوگرافی اعلام می‌دارند.

منابع

- علی‌پور، ا؛ آگاه هریس، م (۱۳۸۶). «بررسی قابلیت اعتماد و اعتبار پرسشنامه دست‌برتری» *Journal of Psychophysiology*, 89(1), 99-105.
- ادینبورگ در ایران». *مجله علوم شناختی*، دوره ششم، شماره ۲۲: ۱۳۳-۱۱۷
- Alves, N.T., Fukusima, S.S. & Aznar-Casanova, J.A. (2008). "Models of brain asymmetry in emotional processing". *Psychology & Neuroscience*, 1(1), 63.
- Cannon, E.N., Yoo, K.H., Vanderwert, R.E., Ferrari, P.F., Woodward, A.L. & Fox, N.A. (2014). "Action experience, more than observation, influences mu rhythm desynchronization". *PLoS One*, 9(3), e92002.
- Avenanti, A., Candidi, M. & Urgesi, C. (2013). "Vicarious motor activation during action perception: beyond correlational evidence". *Front Hum Neurosci* 2013 May; 7, 185(2,906).
- Cheng, Y., Lee, P.L., Yang, C.Y., Lin, C.P., Hung, D. & Decety, J. (2008). "Gender differences in the mu rhythm of the human mirror-neuron system". *PLoS One*, 3(5), e2113.
- Ayres, J., Hopf, T. & Edwards, P.A. (1999). "Vividness and control: factors in the effectiveness of performance visualization"? *Communication Education*, 48(4), 287-293
- Edwards, W.H. (2010). *Motor learning and control: from theory to practice*. 1th Ed: Wadsworth Cengage Learning.
- Bernier, R., Dawson, G., Webb, S. & Murias, M. (2007). "EEG mu rhythm and imitation impairments in individuals with autism spectrum disorder". *Brain and cognition*, 64(3), 228-237.
- Eaves, D.L., Riach, M., Holmes, P.S. & Wright, D.J. (2016). "Motor imagery during action observation: A brief review of evidence, theory and future research opportunities". *Frontiers in Neuroscience*, 10.
- Braadbaart, L., Williams, J.H. & Waiter, G.D. (2013). "Do mirror neuron areas mediate mu rhythm suppression during imitation and action observation"? *International*
- Filimon, F., Nelson, J.D., Hagler, D.J. & Sereno, M.I. (2007). "Human

- cortical representations for reaching: mirror neurons for execution, observation, and imagery". *Neuroimage*, 37(4), 1315-1328.
- Francuz, P. & Zapała, D. (2011). "The suppression of the μ rhythm during the creation of imagery representation of movement". *Neuroscience letters*, 495(1), 39-43.
- Gonzalez-Rosa, J.J., Natali, F., Tettamanti, A., Cursi, M., Velikova, S., Comi, G. ... & Leocani, L. (2015). "Action observation and motor imagery in performance of complex movements: evidence from EEG and kinematics analysis". *Behavioural brain research*, 281, 290-300.
- Grush, R. (2004). "The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception". *Behavioral and brain sciences*, 27(03), 377-396.
- Hobson, H.M. & Bishop, D.V. (2016). "Mu suppression—A good measure of the human mirror Hickok, G. (2009). The functional neuroanatomy of language". *Physics of life reviews*, 6(3), 121-143.
- Holmes, P. & Calmels, C. (2008). "A neuroscientific review of imagery and observation use in sport". *Journal of motor behavior*, 40(5), 433-445.
- Jeannerod, M. (1994). "The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery". *Behavioral and Brain sciences*, 17(02), 187-202.
- Jeannerod, M. (2001). "Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition". *Neuroimage*, 14(1), S103-S109.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J.C. & Rizzolatti, G. (2005). "Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system". *PLoS Biol*, 3(3), e79.
- Kihlstrom, J.F., Glisky, M.L., Peterson, M.A. & Harvey, E.M. (1991). "Vividness and control of mental imagery: A psychometric analysis". *Journal of Mental Imagery*.
- Kim, T.H. & Cruz, A. (2011). "Differences in brain activation during motor imagery and action observation of golf putting". *Scientific Research and Essays*, 6(15), 3132-3138.
- Kim, J. & Kim, S. (2016). "The effects of visual stimuli on EEG mu rhythms in healthy adults". *Journal of physical therapy science*, 28(6), 1748-1752.
- Kim, J.Y., Park, J.W. & Kim, S.Y. (2016). "EEG Mu Rhythms During Action Observation Are Modulated By Emotional Valence". *Acta Neuropsychologica*, 14(2), 131-140.
- Lapenta, O.M. & Boggio, P.S. (2014). "Motor network activation during human action observation and imagery: Mu rhythm EEG evidence on typical and atypical neurodevelopment". *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(7), 759-766.

- Lorey, B., Naumann, T., Pilgramm, S., Petermann, C., Bischoff, M., Zentgraf, K. ... & Munzert, J. (2013). "How equivalent are the action execution, imagery, and observation of intransitive movements? Revisiting the concept of somatotopy during action simulation". *Brain and cognition*, 81(1), 139-150.
- Magill, R.A. (2011). Motor learning and control. *Concepts and Applications*, 7th. Ed: New York; McGraw-Hill.
- Michelon, P., Vettel, J.M. & Zacks, J.M. (2006). "Lateral somatotopic organization during imagined and prepared movements". *Journal of neurophysiology*, 95(2), 811-822.
- Muthukumaraswamy, S.D. & Johnson, B.W. (2004). "Changes in rolandic mu rhythm during observation of a precision grip". *Psychophysiology*, 41(1), 152-156.
- Muthukumaraswamy, S.D., Johnson, B.W. & McNair, N.A. (2004). "Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp". *Cognitive Brain Research*, 19(2), 195-201.
- Oberman, L.M., McCleery, J.P., Ramachandran, V.S. & Pineda, J.A. (2007). "EEG evidence for mirror neuron activity during the observation of human and robot actions: Toward an analysis of the human qualities of interactive robots". *Neurocomputing*, 70(13), 2194-2203.
- Oberman, L.M., Hubbard, E.M., McCleery, J.P., Altschuler, E.L., Ramachandran, V.S. & Pineda, J.A. (2005). "EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders". *Cognitive brain research*, 24(2), 190-198.
- Pfurtscheller, G., Neuper, C., Andrew, C. & Edlinger, G. (1997). "Foot and hand area mu rhythms". *International Journal of Psychophysiology*, 26(1), 121-135.
- Pineda, J.A. (2005). "The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing"". *Brain Research Reviews*, 50(1), 57-68.
- Proverbio, A.M. (2012). "Tool perception suppresses 10-12Hz μ rhythm of EEG over the somatosensory area". *Biological psychology*, 91(1), 1-7.
- Raymaekers, R., Wiersema, J.R. & Roeyers, H. (2009). "EEG study of the mirror neuron system in children with high functioning autism". *Brain research*, 1304, 113-121.
- Rizzolatti, G. (2005). "The mirror neuron system and its function in humans". *Anatomy and embryology*, 210(5-6), 419-421.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). "The mirror-neuron system". *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L. & Gallese, V. (2001). "Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action". *Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 661-670.

- Roosink, M. & Zijdewind, I. (2010). "Corticospinal excitability during observation and imagery of simple and complex hand tasks: implications for motor rehabilitation". *Behavioural brain research*, 213(1), 35-41.
- Ruther, N.N., Brown, E.C., Klepp, A. & Bellebaum, C. (2014). "Observed manipulation of novel tools leads to mu rhythm suppression over sensory-motor cortices". *Behavioural brain research*, 261, 328-335.
- Williams, S.E. & Cumming, J. (2011). "Measuring athlete imagery ability: the sport imagery ability questionnaire". *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 33(3), 416-440.
- Williams, S.E., Cumming, J., Ntoumanis, N., Nordin-Bates, S.M., Ramsey, R. & Hall, C. (2012). "Further validation and development of the movement imagery questionnaire". *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(5), 621-646.