

## بررسی ارتباط بین فعالیت نورون‌های آینه‌ای و فعالیت الکتریکی عضلات در بازخورد ویدیویی

### مقایسه اجتماعی ضربه پات گلف

\*نرجس یآوری<sup>۱</sup>، معصومه شجاعی<sup>۲</sup>، افخم دانشفر<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد یادگیری و کنترل حرکتی، دانشگاه الزهرا(س)، تهران، ایران ۲. دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه الزهرا(س)،

تهران، ایران ۳. دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه الزهرا(س)، تهران، ایران

(تاریخ وصول: ۹۶/۰۲/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۳)

## The Study of the Association between Mirror Neurons Activities and Electrical Activity of Muscles in Terms of Social-Comparative Video Feedback of Golf Putt in Young Females

Narjes Yavari<sup>1</sup>, Masoumeh Shojaei<sup>2</sup>, Afkham Daneshfar<sup>3</sup>

1. Master of learning and motor control, Alzahra University, Tehran, Iran

2. Associate Professor at Department of Physical Education, Alzahra University, Tehran, Iran

3. Associate Professor at Department of Physical Education, Alzahra University, Tehran, Iran

(Received: May. 01, 2017 - Accepted: Dec. 14, 2017)

### Abstract

**Aim:** The present study aimed at exploring the relationship between mirror neurons activity and electrical activity of muscles in social-comparative video feedback of young females' golf putting. **Methods:** 18 non-athletic females from University were randomly assigned to 3 groups namely, positive, negative and real social-comparative video feedback. In the first day, golf putting was taught and 6 trials of golf putt were considered as the pre-test. The second day included 60 putts with 5-minute rest between trials and receiving relevant video feedback appropriate for its own group after each set of trial regarded as acquisition session. In the third day 6 trials were done as the retention test. Using the two EEG and EMG sensors, the information was recorded in three baselines, execution and observation conditions. In the last trial of acquisition period, the levels of electrical activity of muscle and brain were recorded in baseline condition, condition of observing feedback films and concurrent with putting. For analysis, Pearson correlation coefficient was used to examine the relationship between level of electrical activity of brain and biceps brachial muscle ( $p < 0.05$ ). **Result & Conclusion:** The results suggest that there is a statistically positive relationship between electrical activity of muscle and mirror neurons during execution.

**Keywords:** Normative Feedback, Mirror Neurons, Biceps Brachial Muscle, Golf Putt, reference mechanisms.

### چکیده

**هدف:** بررسی ارتباط فعالیت نورون‌های آینه‌ای و EMG در بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی پات گلف در دختران جوان بود. روش: ۱۸ نفر از دختران غیر ورزشکار دانشگاه تصادفی در ۳ گروه بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی مثبت، منفی، و واقعی قرار گرفتند. در روز اول، آموزش ضربه پات گلف و یک دسته ۶ کوششی به عنوان پیش آزمون، روز دوم ۶۰ ضربه با ۵ دقیقه استراحت بین دسته کوشش‌ها و دریافت بازخورد ویدیویی متناسب با گروه خود پس از هر دسته کوشش به عنوان جلسه اکتساب و در روز سوم ۶ کوشش به عنوان آزمون یادداری انجام شد. اطلاعات با استفاده از EEG و EMG، در سه شرایط پایه، اجرا و مشاهده ثبت گردید. در دسته کوشش آخر دوره اکتساب، میزان فعالیت الکتریکی عضله و مغز در شرایط پایه و مشاهده فیلم‌های بازخورد، و در حین اجرای ضربه ثبت شد. برای تحلیل از همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط بین فعالیت الکتریکی مغز و عضله استفاده شد (کمتر از ۰/۰۵). یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد بین فعالیت الکتریکی عضله و نورون‌های آینه‌ای در حین اجرا ارتباط مثبت معنی داری وجود داشت.

**کلید واژه‌ها:** بازخورد هنجاری، نورون‌های آینه‌ای، عضله دو سر بازویی، پات گلف.

## مقدمه

دار و هم در زمان مشاهده حرکت فیلم حرکت فعال می‌شوند (کاگیانو، فلشر، پمپر، گیاس و تیر<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶). سرکوب ریتم میو<sup>۶</sup> را می‌توان نشانه‌ای از فعالیت نورون‌های آینه‌ای در نظر گرفت (فوکس<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۵، به نقل از پارسایی، عابدان زاده، شتاب بوشهری و شجاعی، ۱۳۹۵). ریتم میو (فرکانس ۸ تا ۱۳ هرتز) تحت عنوان ریتم حسی - حرکتی شناخته می‌شود که در نواحی حسی حرکتی مغز ثبت می‌شود (مناطق C1, C2, C3, Cz, C4) (هابسون و بی شاپ<sup>۸</sup>، ۲۰۱۶).

مطالعات انجام شده در زمینه نورون‌های آینه‌ای این موضوع را بیان می‌کند که این نورون‌ها علاوه بر قدرت تقلید نقش برجسته‌ای نیز در تحریک پذیری نسبت به احساسات دارند یا به عبارت دیگر فعالیت این نورون‌ها تحت تأثیر عوامل انگیزشی قرار می‌گیرد. هیل و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که فعالیت سیستم نورون‌های آینه‌ای در پاسخ به تحریک منفی و مثبت نسبت به تحریک خشی افزایش یافت. در مطالعه کیم، پارک و کیم<sup>۹</sup> (۲۰۱۶) که به ۱۵ شرکت کننده زن فیلم‌هایی از حرکت دست با تصاویری برای تصویرسازی<sup>۱۰</sup> نشان دادند. این فیلم‌ها دربردارنده محرک‌های منفی، مثبت و یا خشی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که فعالیت نورون‌های آینه‌ای در طول مشاهده و تصویرسازی بر اثر محرک هیجانی منفی

کشف نورون‌های آینه‌ای<sup>۱</sup> از تحقیقات مربوط به مکانیسم نورون‌های خاصی، که پایه یادگیری در طی مشاهده را فراهم می‌کند، به دست آمده است. (اشمیت و لی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱). بر اساس مبانی پژوهشی، سیستم نورون‌های آینه‌ای اساس نوروفیزیولوژیک فرایندهای تبدیل بینایی - حرکتی و حرکتی - بینایی است و ممکن است در پیشرفت حرکتی و ادراکی حاصل از یادگیری حرکتی مشاهده‌ای نقش داشته باشند (رودریگز، چبران، کوچ، هورتوباگی و دل الموی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴، به نقل از حاتمی شاه میر، شهبازی، طهماسبی بروجنی، جابری مقدم و شیرزاد، ۱۳۹۵).

نظریه‌های مختلفی از این مفهوم حمایت می‌کنند که بشر با کمک فعال شدن سیستم حرکتی خود قادر به درک حرکات ایجاد شده به وسیله دیگران است. این نظریه‌ها مطرح می‌کنند که در طی مشاهده عمل، شخص باشناسی حرکتی که شبیه به حرکت مشاهده شده است را فعال می‌کند. در این باشناسی، نورون‌هایی خاص به نام نورون‌های آینه‌ای فعال می‌شوند. این نورون‌ها هم در هنگام عملکرد خود فرد و هم در هنگام مشاهده اعمال حسی - حرکتی در افراد دیگر، از خود فعالیت نشان می‌دهند. در حقیقت این گروه از سلول‌ها دقیقاً مانند آینه عمل می‌کنند و به همین دلیل نورون‌های آینه‌ای نام گرفته‌اند (هیل و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳). این نورون‌ها هم در زمان اجرای حرکت هدف

5. Caggiano, Fleischer, Pomper, Giese, & Thier

6. Mu rhythm

7. Fox

8. Hobson & Bishop

<sup>9</sup> Kim, Park, Kim

<sup>10</sup> Imagery

1. Mirror Neurons

2. Schmidt, & Lee

3. Rodríguez, Cheeran, Koch, Hortobágyi & del Olmo

4. Hill

تواند یک اصل قوی برای ارزیابی اجرای فرد باشد. اگر چنین مقایسه هنجاری برای فرد مطلوب باشد، باعث افزایش خودکارآمدی، خود واکنشی<sup>۵</sup> مثبت و علاقه به تکلیف می شود (هاتچینسون و همکاران، ۲۰۰۸). لوسیانا، چویاکوسکی، ولف و لثویت (۲۰۱۲) در تحقیق خود که بر روی کودکان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بازخورد مقایسه‌ای- اجتماعی مثبت باعث یادداری بهتر در دقت پرتاب می شود. به طور کلی اثر مثبت بازخورد مقایسه‌ای- اجتماعی در تسهیل یادگیری تکالیف حرکتی نشان داده شده است.

به طور خلاصه بیان شد که نوروهای آینه‌ای با تحریک احساسات فعال می شوند و باعث یادگیری می شوند و دادن بازخورد نیز به گونه‌ای می تواند احساسات فرد را تحت تاثیر قرار دهد و یادگیری را نیز افزایش دهد. با توجه به این مطالب در این مطالعه این دو موضوع را با بکدیگر ترکیب کرده تا اثر آن را بر میزان فعال شدن عضلات درگیر در حرکت مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مطالعات اخیر تلاش کرده‌اند تا مشخص کنند که آیا اعمال برنامه‌های تمرین ذهنی بر روی عضلات باعث فعالیت بیشتر نوروهای حرکتی یا هماهنگ کردن فعالیت الکترومیوگرافی به دنبال اجرای آن برنامه تمرینی می شود (سیدوی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵). اما این موضوع هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است که آیا اثر انگیزشی بازخورد، هم میزان فعالیت عضله مربوط به حرکت و هم میزان فعالیت نوروها را تحت تاثیر خود قرار می دهد یا خیر؟ به دلیل اینکه تحقیقات اندکی در زمینه مهارت‌های ورزشی بر روی نوروهای آینه‌ای

افزایش یافته است (به نقل از حاتمی شاه میر و همکاران، ۱۳۹۵). هیجان‌ات نقش مهمی را در فرایند تصمیم گیری ایفا می کنند (آگونیگا، لویزرامیره، آلانیس گارزا، بالتازار و زامودیو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶) و به نظر می رسد که نوروهای آینه‌ای پردازش هیجان را تسهیل می کنند (حاتمی شاه میر و همکاران، ۱۳۹۵). سیستم نوروهای آینه‌ای بخشی از شبکه گسترده است که به نظر می رسد رفتار را به ویژه رفتارهای هدفمند پردازش هیجانی را تحت تاثیر قرار می دهد (کیم و همکاران، ۲۰۱۶، به نقل از حاتمی شاه میر، شهبازی، طهماسبی بروجنی، جابری مقدم و شیرزاد، ۱۳۹۵).

مطالعات تصویر برداری‌های مغزی نیز صورت گرفته که فعال شدن قطعه پیشانی حاصل از مشاهده ی اعمالی که با دست‌ها، دهان و پاها انجام می شود را تعیین کننده فعالیت هایی که اساسا منطبق با بازنمایی حرکتی مناطق بدنی این اعضای بدن است، می داند (نجل و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از انواع بازخورد، بازخورد مقایسه اجتماعی<sup>۲</sup> یا هنجاری<sup>۳</sup> می باشد. این بازخورد، شامل اطلاعاتی در خصوص مقایسه فرد با دیگران یا مقایسه اجتماعی است که می تواند انگیزه، اجرا و یادگیری یادگیرنده را تحت تاثیر قرار دهد. در این نوع بازخورد یادگیرنده از امتیاز خود و همچنین اجرای گروه همسالان (به طور اشتباه) آگاه می شود (هاتچینسون، شرممن و مارتینوویک<sup>۴</sup>، مارتینوویک<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). ارایه اطلاعات هنجاری به افراد مثل میانگین امتیازات یادگیرنده‌ها در یک تکلیف می -

1. Aguinaga, Lopez Ramire, Alanis Garza, Baltazar & Zamudio
2. Social-comparative feedback
3. Normative feedback
4. Hutchinson, Sherman, & Martinovic

5. Self-reaction
6. Lucana
7. Sideway

تکلیف شرکت کننده‌ها زدن ضربه پات گلف و هدایت توپ به سمت هدف بود. هدف، دایره ای با شعاع ۵ سانتی متر بوده که در فاصله ۴ متری از شرکت کنندگان قرار می گرفت. چهارده دایره متحدالمرکز با شعاع‌های ۷۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ سانتی متر اطراف هدف ترسیم و دایره‌ها با امتیازهای مربوط به خود برچسب شدند (بادامی، واعظ موسوی، ولف و نمازی زاده، ۲۰۱۲).

در این تحقیق علاوه بر سنسور EEG و EMG، دوربین و دو عدد رایانه، ابزار مربوط به رشته ورزشی گلف (کلاب پاتر<sup>۱</sup>، توپ) و موکت و نیز پرسشنامه ترجیح جانبی (کورن<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳) استفاده گردید که این پرسشنامه به صورت خود گزارشی بوده و شامل ۱۶ گویه (۴ گویه برای هر یک از چهار زیر مقیاس تعیین دست برتری، پابرتی، چشم برتری و گوش برتری) می‌باشد. از این پرسشنامه نمره‌ای بین ۱۶- تا ۱۶+ بدست می‌آید که بر اساس هدف پژوهش شرکت کننده‌هایی با نمره ۱۰- تا ۱۶- در گروه نیمکره راست‌برتر و ۱۰+ تا ۱۶+ در گروه نیمکره چپ‌برتر دسته بندی شدند. اعتبار محتوایی این پرسشنامه مورد تأیید ۵ متخصص قرار گرفت و همسانی درونی این پرسشنامه به روش آلفای کرونباخ ۰/۸۹ گزارش شده است. اعتبار همزمان این پرسشنامه در خرده مقیاس دست‌برتری با پرسشنامه دست‌برتری آنت<sup>۳</sup> (۱۹۷۰) مورد بررسی قرار گرفت. این دو دارای ضریب همبستگی ۰/۸۹۰ بودند که همبستگی بالا را در خرده

صورت گرفته، در تحقیق حاضر این موضوع بررسی می‌شود که آیا ارتباطی بین میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای و میزان فعالیت الکتریکی عضلات در ضربه پات گلف وجود دارد؟ و آیا در گروه‌های بازخورد ویدئویی مقایسه اجتماعی، بین میزان فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای مغز هنگام اجرا و مشاهده ضربه پات گلف ارتباط وجود دارد یا خیر. همچنین در تمام گروه‌ها، نیز بین میزان فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای مغز هنگام مشاهده ارتباط وجود دارد؟

## روش

برای اجرای این تحقیق نیمه تجربی از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه‌های تصادفی استفاده شد. جامعه آماری، شامل تمام دانشجویان دختر غیر ورزشکار دانشگاه الزهرا (س) می‌باشد که در نیمسال دوم تحصیلی ۹۳-۹۲ مشغول به تحصیل بودند و در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال قرار داشتند. میانگین سنی افراد شرکت کننده  $24/83 \pm 2/09$  بود. شرکت کنندگان علاوه بر اینکه از نظر حسی و حرکتی کاملاً سالم می‌باشند و دارای نیمکره برتر چپ هستند، نباید هیچ گونه تجربه قبلی در تکلیف پات گلف داشته باشند. از آنجایی که خودکارآمدی ممکن است بر نوع برداشت بازخورد مقایسه اجتماعی در افراد تأثیر گذارد (کریمی، ۱۳۹۲) برای کنترل این عامل روانی، بر اساس پرسشنامه خودکارآمدی، افرادی که دارای خودکارآمدی بسیار بالا (۸۰ تا ۱۰۰) یا بسیار پایین (۰ تا ۲۰) بودند حذف شدند.

1. Golf club pontoon
2. Corn
3. Annet

مربوط به ثبت فعالیت الکتریکی مغز<sup>۴</sup> می‌باشند، بر روی نقطه Cz (منطقه‌ای که فعالیت نوروهای آینه‌ای را نشان می‌دهند) (لیندسی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷) روی سر فرد نصب می‌شدند. همچنین الکترودهای مربوط به ثبت فعالیت الکتریکی عضلات، بر روی عضله دوسر<sup>۶</sup> (سیتارس<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳) نصب گردید. دوربینی عمود بر مسیر ضربه فرد قرار گرفته و تمام حرکات او را از ابتدای ضربه به توپ تا پایان حرکت توپ ثبت می‌کرد. با ثبت حرکات، برای دادن بازخورد، از این فیلم‌ها استفاده گردید. شرکت کننده قبل از حرکت، هدف را مشاهده می‌کرد، ولی در هنگام ضربه، برای جلوگیری از دریافت بازخورد بینایی، با استفاده از یک مانع کاغذی که در کنار صورت فرد قرار می‌گرفت، از دیدن هدف جلوگیری شد.

در شروع آزمون ابتدا آموزشی مربوط به ضربه پات گلف توسط آزمونگر به افراد داده شد و فقط یک بار به شرکت کننده‌ها نمایش داده شد. برای کنترل اثر تازگی شرکت کننده‌ها چند کوشش را به صورت امتحانی انجام دادند. پس از آن افراد در جلسه پیش آزمون، ۶ کوشش را انجام داده و تمام اطلاعات مربوط به میزان فعالیت نوروهای آینه‌ای و دقت ضربات در سه وضعیت پایه<sup>۸</sup> (فرد روی صندلی می‌نشست و به صفحه‌ای سیاه که دقیقاً روبروی صورتش بود، نگاه می‌کرد)، اجرا و مشاهده ثبت گردید. در شرایط مشاهده، اطلاعات تمام شرکت کننده‌ها در زمان دریافت بازخورد ویدیویی واقعی از اجرای کوشش‌های خود فرد، ثبت

مقیاس دست‌برتری نشان می‌دهد. همچنین اعتبار همزمان این پرسشنامه در خرده مقیاس پابرتی با پرسشنامه پابرتی واترلو<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت که دارای ضریب همبستگی ۰/۶۲۵ بود. پرسشنامه خودکار آمدی محقق ساخته با استفاده از دستورالعمل بندورا<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) که این پرسشنامه شاخص ساده‌ای راجع به سطح خودکار آمدی شرکت کننده‌ها در مهارت ضربه پات گلف می‌باشد که در دامنه صفر ( بدون اطمینان) تا صد ( اطمینان کامل) و در واحدهای ۱۰ تایی امتیاز بندی گردیده است. اعتبار سازه این پرسشنامه بر اساس تغییرات بین گروهی (دو گروه ۱۸ نفره ماهر و مبتدی) در اثر تمرین مهارت ضربه پات گلف با انجام روش آماری t مستقل معنادار (۰/۰۰۰۶)  $p = ۴/۵۶۶ - t$  به دست آمد.

قبل از انجام مرحله اصلی آزمایش، یک مطالعه مقدماتی<sup>۳</sup> بر روی ۱۰ نفر از اعضای جامعه که جزء نمونه نبودند، انجام شد. با پر کردن پرسشنامه برتری جانبی کورن و پرسشنامه خودکارآمدی، از افرادی که دارای نیمکره برتر چپ و دارای خودکار آمدی متوسطی بودند، ۱۸ نفر انتخاب گردید. بعد از انتخاب نمونه و پر کردن فرم رضایت نامه در مورد حرکت توضیحات لازم به افراد داده شد و شرکت کننده‌ها در سه گروه بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی مثبت، منفی و واقعی (هر گروه ۶ نفر) قرار گرفتند. تمام گروه‌ها در سه جلسه (پیش آزمون، اکتساب، یادداری) و در سه روز متوالی شرکت کردند. در تمام جلسات الکترودهایی که

4. Electroencephalography (EEG)

5. Lindsay

6. Biceps

7. Sitaras

8. Baseline

1. Waterloo Footedness Questionnaire

2. Bandora

3. Pilot study

جلسه اکتساب اجرا گردید، که در مجموع دارای ۶ کوشش بود. در این مرحله نیز تمام اطلاعات مربوط به فعالیت مغز و عضله دو سر بازویی در سه شرایط و مشابه با شرایط پیش آزمون ثبت گردید.

#### یافته‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی سرکوب مو و فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی؛ از تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه پیش آزمون فعالیت الکتریکی عضله و میزان سرکوب مو (لگاریتم نسبت توان هنگام مشاهده و اجرا نسبت به توان وضعیت پایه که این کار به منظور کنترل تغییرپذیری در توان مو مطلق در نتیجه تفاوت‌های فردی مثل ضخامت جمجمه و مقاومت الکتروود انجام شد. از آنجایی که داده‌های نسبت ذاتاً طبیعی نیستند، داده‌ها قبل از تجزیه و تحلیل، به لگاریتم (log) تبدیل شد؛ استفاده شد. از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط بین میزان سرکوب مو و همچنین میزان فعالیت عضله دو سر به کار برده شد. از آنالیز فوریه<sup>۱</sup> برای تبدیل امواج به اعداد و ارقام کمی استفاده گردید. سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده گردید.

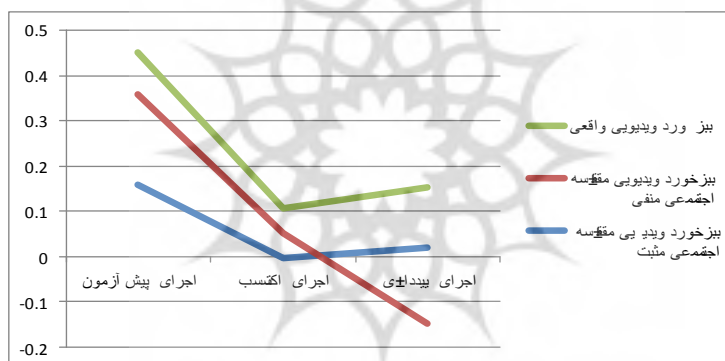
جدول ۱ آماره‌های توصیفی مربوط به فعالیت نورون‌های آینه‌ای در مغز (سرکوب مو) را در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد.

شد. در روز بعد (دوره اکتساب)، افراد ۶۰ کوشش را که به ۱۰ دسته کوشش تقسیم شده بود (هر دسته شامل ۶ کوشش می‌باشد) (بادامی و همکاران، ۲۰۱۲)، اجرا کردند. فواصل استراحت ۵ دقیقه‌ای بعد از هر دسته کوشش وجود داشت. در انتهای دسته کوشش‌ها و در فواصل استراحت، افراد با توجه به گروه‌هایی که در آن‌ها قرار گرفته بودند، بازخورد متناسب با همان گروه را دریافت می‌کردند. در گروه‌های بازخورد در آخرین دسته کوشش مرحله اکتساب، در سه شرایط پایه، مشاهده و اجرا، میزان فعالیت الکتریکی مغز و عضله دو سر بازویی ثبت گردید. در گروه بازخورد ویدئویی مقایسه اجتماعی مثبت، بعد از اینکه فرد یک دسته کوشش خود را انجام داد، ابتدا فیلم (نشان دادن کل مدت زمان حرکت از شروع تا پایان انجام ضربه و همچنین هدف) کوشش ضعیف سه نفر دیگر (بازخورد هنجاری) که از قبل تهیه شده بود و سپس فیلم سه کوشش بهتر خود فرد، به عنوان بازخورد غیر واقعی ولی به عنوان نمونه‌هایی از اجرای افراد در آزمایش‌های مشابه قبلی، به شرکت کننده نشان داده شد. در گروه بازخورد ویدئویی مقایسه اجتماعی منفی، بعد از اینکه فرد یک دسته کوشش خود را اجرا کرد، ابتدا فیلم کوشش بهتر سه نفر دیگر (بازخورد هنجاری) که از قبل تهیه شده بود، به عنوان بازخورد غیر واقعی ولی به عنوان نمونه‌هایی از اجرای افراد در آزمایش‌های مشابه قبلی، و سپس فیلم ۳ کوشش ضعیف‌تر خود فرد، به شرکت کننده نشان داده شد. در گروه بازخورد واقعی بعد از اینکه فرد یک دسته کوشش خود را انجام داد، فیلم تمام ۶ کوشش خود فرد به عنوان بازخورد واقعی به او نمایش داده شد. جلسه یادداری نیز، ۲۴ ساعت بعد از

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار سرکوب مو در مراحل زمانی مختلف و گروه های مورد بررسی

سرکوب مو						مرحله	گروه
انحراف معیار یادداری	میانگین یادداری	انحراف معیار اکتساب	میانگین اکتساب	انحراف معیار پیش آزمون	میانگین پیش آزمون		
۰/۲۷۰۱	۰/۰۱۹۲	۰/۳۴۹۶	-۰/۰۰۴۹	۰/۲۰۷۲	۰/۱۵۹۸	اجرا	بازخورد مثبت
۰/۳۹۳۸	۰/۰۱۱۷۰	۰/۳۴۴۵	۰/۰۱۶۶۳	۰/۰۱۶۸۱	۰/۰۵۷۲	مشاهده	
۰/۴۷۵۳	-۰/۰۱۶۷۲	۰/۲۳۴۶	۰/۰۵۵۲	۰/۰۱۴۸۲	۰/۰۲۰۰۱	اجرا	بازخورد منفی
۰/۴۲۶۲	-۰/۰۱۷۴۹	۰/۲۴۰۱	-۰/۰۰۳۵	۰/۰۲۱۳۰	-۰/۰۰۶۴۳	مشاهده	
۰/۲۲۹۳	۰/۰۳۰۱۹	۰/۲۴۸۰	۰/۰۵۵۴	۰/۰۰۸۹۶	۰/۰۰۹۰۳	اجرا	بازخورد واقعی
۰/۲۶۶۰	۰/۰۰۷۸۱	۰/۳۳۹۵	۰/۰۰۶۹۷	۰/۰۱۴۷۵	۰/۰۰۰۵۶	مشاهده	

سرکوب مو (هرتز)



شکل ۱. میانگین سرکوب مو در زمان اجرا در گروه‌ها و جلسات مختلف.



سرکوب مو (هرتز)

شکل ۲. میانگین سرکوب مو در زمان مشاهده در گروه‌ها و جلسات مختلف.

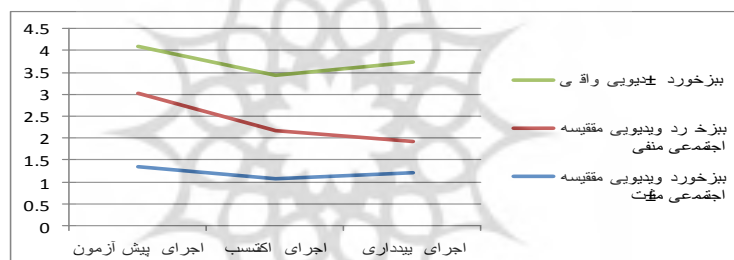
جدول ۲ آماره‌های توصیفی مربوط به فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی را در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد.

نرجس یآوری و همکاران: بررسی ارتباط بین فعالیت‌های نورون‌های آینه‌ای و فعالیت‌های الکتریکی ...

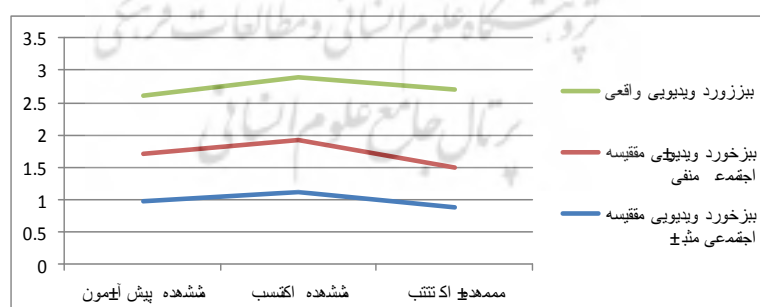
جدول ۲. میانگین و انحراف معیار فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی در مراحل زمانی مختلف و گروه‌های مورد بررسی

گروه	مرحله	فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی			
		میانگین پیش آزمون	انحراف معیار پیش آزمون	میانگین اکتساب	انحراف معیار اکتساب
بازخورد مثبت	اجرا	۱/۳۵۰۷	۰/۵۴۶۶	۱/۰۷۰۸	۰/۴۵۸۳۸
	مشاهده	۰/۹۶۹۶	۰/۱۸۸۶	۱/۱۲۵۷	۰/۶۶۲۹
بازخورد منفی	اجرا	۱/۶۷۷۴	۰/۷۹۰۷	۱/۱۰۰۹	۰/۳۳۴۶۶
	مشاهده	۰/۷۴۳۳	۰/۲۴۵۰	۰/۸۱۴۶	۰/۵۳۲۲
بازخورد واقعی	اجرا	۱/۰۸۵۶	۰/۵۲۸۳	۱/۲۶۰۷	۰/۵۲۳۷۷
	مشاهده	۰/۸۹۶۰	۰/۱۷۴۳	۰/۹۵۷۳	۰/۳۶۱۱

فعالیت الکتریکی عضله (هرتز)



شکل ۳. میانگین فعالیت الکتریکی عضله اجرای افراد در جلسات و گروه‌های مختلف



فعالیت الکتریکی عضله (هرتز)

شکل ۴. میانگین فعالیت الکتریکی عضله مشاهده‌ی افراد در جلسات و گروه‌های مختلف.

دهد که اختلاف اولیه معنی‌داری بین سرکوب مو الکترود Cz برای وضعیت مشاهده و اجرا دیده نشد.

جداول ۳ و ۴ مقایسه بین گروهی پیش‌آزمون‌ها را با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان می-



جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین سرکوب مو در پیش آزمون های وضعیت اجرا

گروه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	معنی داری	F
بازخورد مثبت	۰/۱۵۹۸	۰/۲۰۷۲	۲	۰/۴۸۴	۰/۷۶۲
بازخورد منفی	۰/۲۰۰۱	۰/۱۴۸۲			
بازخورد واقعی	۰/۰۹۰۳	۰/۰۸۹۶			

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین سرکوب مو در پیش آزمون های وضعیت مشاهده

گروه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	معنی داری	F
بازخورد مثبت	۰/۰۵۷۲	۰/۱۶۸۱	۲	۰/۵۱۲	۰/۷۰۱
بازخورد منفی	-۰/۰۶۴۳	۰/۲۱۳۰			
بازخورد واقعی	۰/۰۰۵۶	۰/۱۴۷۴			

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

در این قسمت نیز مقایسه بین گروهی پیش آزمون‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، اختلاف اولیه معنی داری را بین میزان فعالیت الکتریکی عضلات برای وضعیت مشاهده و اجرا نشان نداد؛ جداول ۵ و ۶ نتایج تحلیل واریانس یک طرفه را نشان می‌دهد.

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین فعالیت الکتریکی عضلات در پیش آزمون های وضعیت اجرا

گروه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	معنی داری	F
بازخورد مثبت	۱/۳۵۰۷	۰/۵۴۶۶	۲	۰/۲۹۸	۱/۳۱۴
بازخورد منفی	۱/۶۷۷۴	۰/۷۹۰۷			
بازخورد واقعی	۱/۰۸۵۶	۰/۵۲۸۳			

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

جدول ۶. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین فعالیت الکتریکی عضلات در پیش آزمون های وضعیت مشاهده

گروه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	معنی داری	F
بازخورد مثبت	۰/۹۶۹۶	۰/۱۸۸۶	۲	۰/۱۸۴	۱/۸۹۶
بازخورد منفی	۰/۷۴۳۳	۰/۲۴۵۰			
بازخورد واقعی	۰/۸۹۶۰	۰/۱۷۴۳			

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

در ادامه به بررسی ارتباط بین میزان فعالیت الکتریکی عضله دوسر بازویی و منطقه Cz در شرایط مختلف و در انواع مختلف بازخوردهای مقایسه اجتماعی پرداخته خواهد شد. همانطور که در جدول ۷ نشان داده شده است بین میزان فعالیت الکتریکی عضله و میزان فعالیت نورو ن های آینه ای اجرای جلسه دوم

نرجس یآوری و همکاران: بررسی ارتباط بین فعالیت‌های نورون‌های آینه‌ای و فعالیت‌های الکتریکی ...

و سوم در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی مثبت ارتباط معنی داری وجود دارد.

جدول ۷. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه ای. اجتماعی مثبت

منبع	همبستگی پیرسون	معنی داری
سرکوب موی اجرای اول- فعالیت عضلات اجرای اول	۰/۷۹۹	۰/۰۵۶
سرکوب موی اجرای دوم- فعالیت عضلات اجرای دوم	۰/۹۷۸	۰/۰۰۱*
سرکوب موی اجرای سوم- فعالیت عضلات اجرای سوم	۰/۹۲۷	۰/۰۰۸*

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

بین میزان فعالیت الکتریکی در عضلات و میزان فعالیت نورون های آینه ای در وضعیت مشاهده ارتباط معنی داری وجود ندارد(جدول ۸).

جدول ۸. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه ای. اجتماعی مثبت

منبع	همبستگی پیرسون	معنی داری
سرکوب موی مشاهده اول- فعالیت عضلات مشاهده اول	۰/۴۲۵	۰/۴۰۱
سرکوب موی مشاهده دوم- فعالیت عضلات مشاهده دوم	۰/۶۰۰	۰/۲۰۸
سرکوب موی مشاهده سوم- فعالیت عضلات مشاهده سوم	۰/۷۹۲	۰/۰۶۰

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

همانطور که در جدول ۹ نشان داده شده است بین میزان فعالیت الکتریکی در عضلات و میزان فعالیت نورون های آینه ای اجرای جلسه اول و اجرای جلسه سوم در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه ای - اجتماعی منفی ارتباط معنی داری وجود دارد.

جدول ۹. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه ای - اجتماعی منفی

منبع	همبستگی پیرسون	معنی داری
سرکوب موی اجرای اول- فعالیت عضلات اجرای اول	۰/۹۳۳	۰/۰۰۷*
سرکوب موی اجرای دوم- فعالیت عضلات اجرای دوم	۰/۶۴۹	۰/۱۶۳
سرکوب موی اجرای سوم- فعالیت عضلات اجرای سوم	۰/۹۸۱	۰/۰۰۱*

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

با توجه به نتایج جدول ۱۰، بین میزان فعالیت الکتریکی در عضلات و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای مشاهده جلسه اول و مشاهده جلسه سوم در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه‌ای - اجتماعی منفی ارتباط معنی داری وجود دارد.

جدول ۱۰. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه ای - اجتماعی منفی

معنی داری	همبستگی پیرسون	منبع
۰/۰۱۲*	۰/۹۰۸	سرکوب موی مشاهده اول- فعالیت عضلات مشاهده اول
۰/۰۸۸	۰/۷۴۷	سرکوب موی مشاهده دوم- فعالیت عضلات مشاهده دوم
۰/۰۰۳*	۰/۹۵۹	سرکوب موی مشاهده سوم- فعالیت عضلات مشاهده سوم

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

همانطور که در جدول ۱۱ نشان داده شده است، بین میزان فعالیت الکتریکی در عضلات و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای اجرای جلسه دوم و اجرای جلسه سوم در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی واقعی ارتباط معنی داری وجود دارد.

جدول ۱۱. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی واقعی

معنی داری	همبستگی پیرسون	منبع
۰/۴۹۱	۰/۳۵۴	سرکوب موی اجرای اول- فعالیت عضلات اجرای اول
۰/۰۰۵*	۰/۹۳۹	سرکوب موی اجرای دوم- فعالیت عضلات اجرای دوم
۰/۰۴۰*	۰/۸۳۱	سرکوب موی اجرای سوم- فعالیت عضلات اجرای سوم

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

همچنین، بین میزان فعالیت الکتریکی در عضلات و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای مشاهده جلسه اول در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی واقعی ارتباط معنی داری وجود دارد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی واقعی

معنی داری	همبستگی پیرسون	منبع
۰/۰۱۶*	۰/۸۹۵	سرکوب موی مشاهده اول- فعالیت عضلات مشاهده اول
۰/۲۱۶	۰/۵۹۲	سرکوب موی مشاهده دوم- فعالیت عضلات مشاهده دوم
۰/۰۸۶	۰/۷۵۰	سرکوب موی مشاهده سوم- فعالیت عضلات مشاهده سوم

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

در انتها نیز، بررسی همبستگی کلی میان اجرا و مشاهده در تمام گروه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱۳ و ۱۴). همانطور که در جدول ۱۳ نشان داده شده است بین میزان فعالیت الکتریکی

جدول ۱۳. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی در شرایط اجرا

معنی داری	همبستگی پیرسون	منبع
۰/۰۰۰۲*	۰/۷۵۷	سرکوب موی اجرای اول- فعالیت عضلات اجرای اول
۰/۰۰۰۳*	۰/۸۶۴	سرکوب موی اجرای دوم- فعالیت عضلات اجرای دوم
۰/۰۰۰۱*	۰/۸۸۴	سرکوب موی اجرای سوم- فعالیت عضلات اجرای سوم

\*در سطح  $P < ۰/۰۵$  معنی دار است.

با توجه به جدول ۱۴ بین میزان فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی و میزان فعالیت نورون‌های مغز هنگام مشاهده در تمام جلسات ارتباط معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۱۴. نتایج همبستگی پیرسون در پاسخ به بازخورد ویدیویی در شرایط مشاهده

معنی داری	همبستگی پیرسون	منبع
۰/۰۰۰۱*	۰/۷۸۴	سرکوب موی مشاهده اول- فعالیت عضلات مشاهده اول
۰/۰۰۰۵*	۰/۶۳۵	سرکوب موی مشاهده دوم- فعالیت عضلات مشاهده دوم
۰/۰۰۰۸*	۰/۷۹۴	سرکوب موی مشاهده سوم- فعالیت عضلات مشاهده سوم

\*در سطح  $P < 0/05$  معنی دار است.

### بحث و نتیجه‌گیری

تعمیم‌پذیری یافته‌های گذشته بود. زمانی که به فرد بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی مثبت و منفی و بازخورد ویدئویی واقعی داده می‌شود، باعث تحریک نورون‌ها شده و طبق نتایج به دست آمده، باعث اثر گذاری بر میزان فعالیت عضلات مرتبط نیز می‌شود؛ که با نتایج مربوط به مطالعات تصویر برداری‌های مغزی که فعال شدن قطعه پیشانی حاصل از مشاهده اعمالی که با دست‌ها، دهان و پاها انجام می‌شود و نشان دهنده فعالیت همان مناطق بدنی مربوط می‌باشد، موافق است. (نجل و همکاران، ۱۳۸۹).

می‌توان ارتباط بین میزان فعال شدن سیستم نورون‌های آینه‌ای و فعالیت الکتریکی عضلات را به سیستم کنترل حلقه بسته<sup>۲</sup> تشبیه کرد. سیستم کنترل حلقه بسته به این صورت است که ابتدا مرکز کنترل، فرمان اولیه و مقدماتی را برای انجام‌های مجری صادر می‌کند که فقط برای آغاز کردن حرکت کافی است. اجرا و تکمیل واقعی حرکت، وابسته به اطلاعات بازخوردی است که به مرکز کنترل می‌رسد. سپس از بازخورد برای کمک به کنترل حرکت در حال اجرا استفاده می‌شود (مگیل، ۲۰۰۵). تنها تفاوت عملکرد این نورون‌ها در مهارت تحقیق حاضر این است که فرد بعد از اجرای حرکت فیلم خود را مشاهده می‌کند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتباط بین میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای و میزان فعالیت الکتریکی عضله دو سر بازویی در ضربه پات گلف بود. نتایج زیر از تحقیق حاضر به دست آمد:

۱. در گروه‌های بازخورد ویدئویی مقایسه اجتماعی مثبت و منفی و بازخورد ویدئویی واقعی، بین میزان فعالیت الکتریکی عضله و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای در مغز در اجرا ارتباط مثبت معنی‌داری وجود داشت.

۲. در گروه بازخورد ویدیویی مقایسه اجتماعی مثبت بین میزان فعالیت الکتریکی در عضله و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای در مغز در مشاهده ارتباط معنی‌داری وجود نداشت.

۳. در گروه‌های بازخورد ویدئویی مقایسه اجتماعی منفی و بازخورد ویدئویی واقعی، بین میزان فعالیت الکتریکی در عضله و میزان فعالیت نورون‌های آینه‌ای در مغز در مشاهده ارتباط مثبت معنی‌داری وجود داشت.

از آنجایی که تحقیقات در زمینه نورون‌های آینه‌ای، ارتباط این نورون‌ها با فعال شدن عضلات صورت را نشان دادند (کار<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳)، در تحقیق حاضر هدف بررسی ارتباط فعالیت این نورون‌ها با دیگر عضلات و بررسی

های آینه ای فرد با مشاهده فیلم و یا تحریک احساسات فعالیت خود را آغاز می‌کند، فعالیت آن‌ها دستوری را مبنی بر فعال شدن عضله مربوطه به آن می‌فرستد و عضله فعالیت خود را آغاز می‌کند، اما این فعالیت به میزان زمان اجرا نمی‌باشد و به گونه‌ای نیست که قابل مشاهده باشد. اما نتایج، فعال شدن عضلات در زمان مشاهده را تأیید می‌کنند. فرد حرکت را مشاهده کرده و از آن بازخورد بینایی می‌گیرد و نورون‌ها مجدداً فرمان حرکتی جدید را برای فعال شدن عضلات می‌دهند. زمانی که این نورون‌ها کمتر مورد تحریک قرار بگیرند، میزان فعالیت عضلات نیز تعدیل می‌شود. این حالت در عضلات دقیقاً مانند زمانی است که افراد عملی را اجرا می‌کنند، در این زمان نورون‌های آینه‌ای فعال می‌شوند اما نه مانند مواقعی که فرد در حال مشاهده است. شاید بتوان این نکته را ذکر کرد که نورون‌های آینه‌ای به عنوان مکانیسم مرجع<sup>۳</sup> در سیستم کنترل حلقه بسته عمل می‌کنند.

تنها نکته‌ای که وجود دارد این است که در اینجا افراد به طور مستقیم بازخورد بینایی دریافت نکردند، و اگر در حین اجرا بازخوردی می‌گرفتند، به صورت غیر مستقیم و فقط بازخورد شنوایی بود که ناشی از عوامل غیر قابل کنترل اجرای تحقیق بود. اما بازخورد شنوایی هم می‌تواند باعث فعال شدن نورون‌های آینه‌ای شود؛ بدین معنی که این نورون‌ها به صدای عمل هم حساس هستند، که این در تحقیقات گذشته (کیسرز<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳) به اثبات رسیده است. در کل می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که فرد در حین اجرا از بازخورد شنوایی و در حین مشاهده از بازخورد بینایی استفاده کرده است و با توجه به نتایج تحقیق حاضر،

نورون‌های آینه‌ای در این زمان فعال می‌شوند و مانند یک حافظه دیداری عمل کرده و حرکت را در خود حفظ می‌کنند (فعالیت‌شان افزایش می‌یابد) زمان اجرای مجدد، حرکت را از حافظه باز نمایی کرده و آن را اصلاح کرده و اجرا می‌کنند. به گونه‌ای که با تکرار و تمرین و مشاهده میزان فعالیت این نورون‌ها افزایش یافته و در نهایت حرکت به شکل بهینه اجرا می‌گردد. این دقیقاً یکی از ویژگی‌های نورون‌های آینه‌ای است که قابلیت حفظ اعمال مشاهده شده را دارند. بر اساس دیدگاه اندیشه - عمل، تصویری که ما از بازخوردهای حسی مرتبط با یک عمل می‌سازیم، یک گام اساسی برای اجرای درست آن عمل است و ایجاد و حفظ این تصویر بر اساس ویژگی ذخیره سازی نورون‌های آینه‌ای امکان پذیر است (ایاکابونی، ۲۰۰۹).

می‌توان این نکته را همراه با نظریه‌های الگوهای پیشرو<sup>۱</sup> نیز دانست. در این نظریه‌ها سیستم می‌تواند در طول مرحله شناسایی محرک، اطلاعات بازخوردی را دریافت و پردازش نماید و سپس در مرحله برنامه ریزی پاسخ، برنامه عضلانی را برای کاهش خطا انتخاب و اجرا نماید. سپس این برنامه به سطح اجرایی می‌رسد که معمولاً عضلات یا برنامه‌های کنترل کننده عضلات هستند. در ادامه اطلاعات ناشی از گیرنده‌های عضلانی، مفصلی و تاندونی مختلف، به همراه اطلاعات ارسال شده از چشم‌ها، گوش‌ها و از قبیل این، به مکانیزم‌های مرجع باز می‌گردد تا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در مورد ادامه عمل تصمیم‌گیری صورت گیرد (اشمیت و لی، ۲۰۱۱). در تحقیق مهتا و اسکال<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) نیز وجود الگوی پیشرو را در کنترل حلقه پردازش حسی تأیید کرد. زمانی که نورون

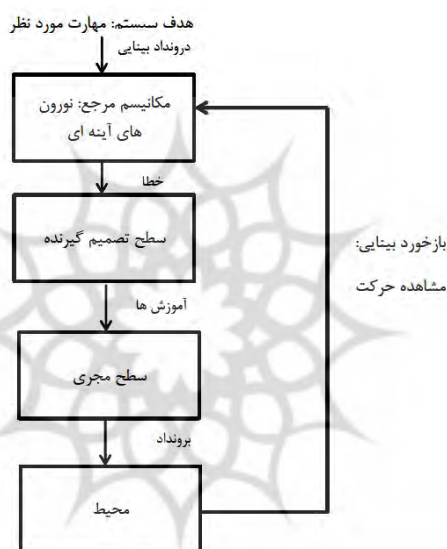
3. Reference mechanism  
4. Keyesers

1. Forward models  
2. Mehta & Schaal

با مشاهده حرکت، خطا را تشخیص داده و آن را با حرکت قبلی مقایسه کرده و آن را اصلاح می‌کند و دستورات مرتبط با اصلاح حرکت را برای اجرای بعدی به عضلات می‌فرستد. بر طبق همین فرمان‌ها میزان فعالیت عضلات نیز افزایش می‌یابد. مشاهده عمل، می‌تواند کمک کند که مهارت مشابه در فرد مشاهده گر ایجاد شود. بر اساس نتایج کنونی می‌توان مکانیزم کنترل حلقه بسته را مانند شکل ۵ در رابطه با این نورون‌ها بیان کرد:

که نشان دهنده فعال شدن بیشتر نورون‌های آینه‌ای در زمان مشاهده هستند، می‌توان این گونه بیان کرد که نورون‌های آینه‌ای به مشاهده عمل نسبت به صدای عمل حساس‌تر می‌باشند.

در نهایت، نتیجه کلی که می‌توان از تحقیق استنباط کرد این است که، فعالیت نورون‌های آینه‌ای ارتباط قابل توجهی با فعال شدن عضلات مرتبط با حرکت دارند. شاید بتوان این نکته را ذکر کرد که نورون‌های آینه‌ای مانند یک مرجع تصحیح در سیستم کنترل حلقه بسته عمل می‌کنند. چرا که



شکل ۵. سیستم کنترل حلقه بسته با توجه به ویژگی نورون‌های آینه‌ای.

با توجه به نتایج تحقیق مطالعه بیشتری در عنوان مکانیسم مرجع در تحقیقات آتی رابطه با سیستم نورون‌های آینه‌ای به پیشنهاد می‌شود.

#### منابع

- جاکومو، ریتسولاتی و کورادو، زینینگالیا. (۱۳۸۹). آینه‌ها در مغز. ترجمه عبدالرحمن نجل رحیم و زهرا مرادی. تهران: نشر مرکز (تاریخ انتشار اثر به زبان اصلی، ۲۰۰۷).

- پارسایی، سجاده؛ عابدان زاده، رسول؛ شتاب بوشهری، ناهید و شجاعی، معصومه. (۱۳۹۵). «نقش نورون‌های آینه‌ای در سرعت‌های مختلف تصویرسازی ذهنی در بیل بسکتبال». فصلنامه علمی- پژوهشی عصب روانشناسی، ۱، ۷۴-۵۷.

- کار، جوزف جی. و براون، جان ام. (۱۳۸۰). مقدمه‌ای بر فناوری تجهیزات پزشکی. ترجمه دکتر سیامک نجاریان، مهندس صنم سجادی، فریما ناظمی. تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر. (تاریخ انتشار اثر به زیان اصلی ۲۰۰۰).
- حاتمی شاه میر، الهام. شهبازی، مهدی. طهماسبی بروجنی، شهزاد. جابری مقدم، علی اکبر و شیرزاد، الهام. (۱۳۹۵). تأثیر شنود هیجانی از الگو بر فعالیت نوروهای آینه‌ای ورزشکاران مبتدی. فصلنامه علمی - تخصصی عصب روانشناسی، شماره ۲، ۲۳-۷.
- Aglioti S. M.; Cesari, P.; Romani, M. & Urgesi, C. (2008). "Action anticipation and motor resonance in elite basketball players". *Nature Neuroscience*, 11, 1109-16.
- Aguinaga, A.; Lopez Ramire, M.; Alanis Garza, A. Baltazar, R. & Zamudio, V. (2016). "Emotional analysis thru EEG signals, to monitor high performance athletes". *In Impact: The Journal of Innovation Impact*, 6(1), 16.
- Badami. R.; Vaezmousavi. M.; Wulf. G. & Namazizade. M. (2012). "Feedback About More Accurate Versus Less Accurate Trials: Differential Effects on Self-Confidence and Activation". *Research Quarterly for Exercise and sport*, 83(2), 1-8.
- Caggiano, V.; Fleischer, F.; Pomper, J.K.; Giese, M. A. & Their, P. (2016). "Mirror neurons in monkey premotor area F5 show tuning for critical features of visual causality perception". *Current Biology*, 26, 3077-3082.
- Cross, E. S.; Hamilton, A. F.; Kraemer, D. J.; Kelley, W. M. & Grafton, S. T. (2009). "Dissociable substrates for body motion and physical experience in the human action observation network". *European Journal of Neuroscience*, 30, 1383-1392.
- Fox, N. A.; Bakermans-Kranenburg, M. J.; Yoo, K. H.; Bowman, L. C.; Cannon, E. N.; Vanderwert, R. E.; van IJzendoorn, M. H. & et al (2015). "Assessing human mirror activity with EEG mu rhythm: A meta-analysis".
- Hobson, H. M. & Bishop, D. V. (2016). "Mu suppression-A good measure of the human mirror". *Physics of life reviews*, 6(3), 121-143.
- Hickok, G. (2009). "The functional neuroanatomy of language". *Physics of life reviews*, 6(3), 121-143.
- Hutchinson, J. C.; Sherman, T. & Martinovic, N. (2008). "The effect of manipulated self - efficacy on perceived and sustained effort". *Applied Sport Psychology*, 20, 457-472.
- Hill, A.T., Fitzgibbon, B.M., Arnold, S.L., Rinehart, N.J., Fitzgerald, P., & Enticotta, P.G. (2013). "Modulation of putative mirror neuron activity by both positively and negatively valenced affective stimuli: A TMS study". *Behavioural Brain Research*, 249, 116-123.
- Kamen, G. (2004). *Electromyographic Kinesiology*. In Robertson, DGE et al. *Research Methods Biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics Publ.
- Keysers, C., Kaas, J. H. & Gazzola, V. (2010). "Somato sensation in social perception". *Nature Review Neuroscience* 11, 417-428.

- Kim, Y. T.; Seo, J. H.; Song, H. J.; Yoo, D. S.; Lee, H. J.; Lee, J.; Kwon, E.; Kim, J. G. & Chang, Y. (2011). Neural correlates related to action observation in expert archers. *Behavioural Brain Research*, 223, 342–347.
- Lucana, T. G.; Chiviacowsky, S. A.; Wulf, G. & Lewthwaite, R. (2012). “Positive social - comparative feedback enhances motor learning in children”. *Psychology of Sport and Exercise*, 13, 849-853.
- Mehta, B. & Schaal, S. (2002). Forward models in visuomotor control. *Journal Neurophysiology*. 88.942-953.
- Ranganathan. R. & Newell, K. M. (2009). Influence of augmented feedback on coordination strategies. *Journal of Motor Behavior*, 41(4),317- 330.
- Rizzolatti, G. & Arbib, M. A. (1998). language within our grasp. *Trends in neurosciences*,21,188-194.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review Of Neuroscience*.27, 169–192.
- Rodríguez, Á. L.; Cheeran, B.; Koch, G.; Hortobágyi, T. & Del Olmo, M. Á. F. (2014). “The role of mirror neurons in observational motor learning: an integrative review”. *European Journal of Human Movement*, (32), 82-103.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis (5<sup>th</sup> ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sitaras (2013, Noevember14). Jack welch's 6 ways exercise. Golf (Korean edition). Retrieved March 28, 2014, from <http://en.wikipedia.org/wiki/golf>.
- Vogt, S.; Buccino, G.; Wohlschlaeger, A. M.; Canessa, N.; Shah, N. J.; Zilles, K.; Eickhoff, S. B.; Freund, H. J.; Rizzolatti, G. & Fink, G. R. (2007). “Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: effects of practice and expertise”. *Neuroimage*, 37,1371–1383.