

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - تابستان ۱۳۹۹
دوره ۱۲، شماره ۲، ص: ۱۸۷-۲۰۴
تاریخ دریافت: ۹۸ / ۱۱ / ۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۹ / ۰۵ / ۰۵

اثربخشی تمرینات نوروفیدبک در ارتقای مهارت‌های مجرد ورزشکاران: یک مطالعه مروری

جمیل منصوری^{۱*} - رضا رستمی^۲ - احمد شاهواروقی^۳ - صادق رنجبر^۴
۱. کارشناس ارشد روان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۲. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشگاه روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۳. کارشناس ارشد روان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۴. دانشجوی دکتری روان‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

روش‌های بسیاری با هدف ارتقای عملکرد ورزشی پدید آمده است که امروزه مورد استفاده ورزشکاران رشته‌های مختلف قرار می‌گیرد. در میان این تکنیک‌ها نوروفیدبک، به‌عنوان رویکرد مغزی غیرتهاجمی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. مقاله حاضر با هدف گزارش نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه مهارت‌های مجرد ورزشکاران به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس، صورت پذیرفت. با هدف جمع‌آوری داده، ابتدا مقالات لاتین با استفاده از کلیدواژه‌های Shooting، Athletic performance، Sport performance، EEG Biofeedback، Neurofeedback، Archery، performance، putting performance و Golf مورد جست‌وجو قرار گرفت. از پایگاه‌های PubMed، PsycINFO، Web of science، EBSCO و Google Scholar استفاده شد. بازه زمانی جست‌وجو از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ تعیین شد. مقالات فارسی با کلیدواژه‌های «نوروفیدبک»، «عملکرد ورزشی»، «تیراندازی»، «پرتاب»، «نشانه‌گیری» یا «گلف» در پایگاه‌های جهاد دانشگاهی (SID)، مجلات تخصصی نور (Noormags)، بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran) و پایگاه اطلاعات علمی ایران (IranDoc) جست‌وجو شدند. بازه زمانی انتشار مقالات از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ تعیین شد. تعداد ۱۶ مقاله با ملاک‌های استاندارد و تعیین‌شده همخوانی داشتند و انتخاب شدند. سپس با استفاده از یک چک‌لیست مشخص، اطلاعات مربوط به مقالات توسط هر پژوهشگر مستقل استخراج و در یافته‌ها گزارش شد. نتایج نشان داد که پروتکل‌های نوروفیدبکی به‌کارگرفته‌شده در هر پژوهش می‌تواند نتیجه مداخله را تحت تأثیر قرار دهد و لازم است تا در استفاده از این روش در ورزشکاران به آن توجه داشت. براساس یافته‌های پژوهش تمرینات نوروفیدبک در ورزشکاران اثربخشی مثبت در ارتقای عملکرد ورزشی دارد.

واژه‌های کلیدی

توجه، تمرکز، تمرینات نوروفیدبک، عملکرد ورزشی، مهارت‌های مجرد.

مقدمه

به باور بسیاری از دانشمندان، افراد متخصص در زمینه‌های مختلف (هنری، ورزشی و فنی)، تفاوت‌های عصب‌شناختی ظریفی با افراد مبتدی دارند. فارغ از علت بروز این تفاوت‌ها، که ممکن است به دلایل مختلف مثل تمرین مستمر، تفاوت‌های ژنتیکی یا تفاوت‌های شخصیتی باشد (۱)، پژوهش‌های مختلفی وجود آنها را تأیید کرده‌اند (۲). از همین روی، نشانگرهای اختصاصی در فرایندهای عصب‌شناختی افراد متخصص، از پرسش‌های اصلی پژوهشگران حوزه عصب‌شناسی شناختی^۱ محسوب می‌شود. در واقع پژوهشگران این حوزه علمی تلاش می‌کنند تا با استفاده از روش‌های گوناگون به تفاوت‌های موجود میان فرایندهای شناختی و عصب‌شناختی یک فرد مبتدی و حرفه‌ای پی ببرند.

امروزه این تلاش‌ها به‌طور خاص در حوزه ورزش نیز پیگیری می‌شود (۳)؛ تا جایی که پژوهش‌ها در این زمینه به شکل‌گیری مفهوم نوینی تحت عنوان عصب‌شناسی ورزشی^۲ منجر شده است. دو رویکرد علمی عمده در این زمینه علمی پیگیری می‌شود. جریان اول می‌کوشد تا با استفاده از روش‌های تصویربرداری مغزی (مانند MRI و CT) به تفاوت‌های عصب‌شناختی موجود میان ورزشکاران مبتدی و حرفه‌ای پی ببرد. در نگاه پژوهشگران این حوزه، نوعی ارتباط میان فعالیت‌های عصبی-شناختی^۴ و پیامدهای رفتاری وجود دارد که قابل ردگیری و شناسایی است (۵،۴). از سوی دیگر جریان بعدی در تلاش است تا با استفاده از یافته‌های به‌دست‌آمده در بخش قبل و همچنین به مدد پژوهش‌های جداگانه، به ارتقای عملکرد ورزشکاران و رساندن آنها به سطح حرفه‌ای بپردازد. در حقیقت این جریان علمی از تکنیک‌های ارزشمندی همچون نوروفیدبک^۵ و روش‌های تحریک الکتریکی مغزی^۶ همچون تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای^۷ (tDCS) استفاده می‌کند تا به‌طور مستقیم و از طریق دستکاری فرایندهای مغزی، عملکرد شناختی و رفتاری ورزشکاران را بهبود بخشد. این دو روش جزو روش‌های مداخله در عملکرد مغزند که هر کدام با سازوکار مختلفی روی آن تأثیر گذارند. نوروفیدبک از جمله روش‌های تعدیل عصبی^۸ است که از طریق دریافت، ثبت و بازخورد امواج مغزی به کمک واسطه‌های حسی سبب تغییر در عملکرد

- 1 . Indicators
- 2 . Cognitive Neuroscience
3. Sport neuroscience
- 4 . Neurocognitive
5. Neurofeedback
6. Electrical brain stimulation
- 7 . Transcranial Direct Current Stimulation
8. Neuromodulator

مغز می‌شود. در tDCS نیز جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در اندازه یک تا دو میلی‌آمپر به نواحی مغزی منتقل می‌شود که از طریق یک مدار با دو قطب مثبت (آند) و منفی (کاتد) اعمال می‌شود. این فرایند نیز موجب تغییرات عصب‌فیزیولوژیکی^۱ در سلول‌های مغزی می‌شود و در پی آن عملکرد مغز در رفتارهای افراد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۶،۷).

در این میان تمرکز پژوهش‌ها بر انواع مختلفی از مهارت‌های حرکتی بوده است. چندین نوع طبقه‌بندی مهارت‌های حرکتی وجود دارد که کمک می‌کنند تا یافته‌های پژوهشی به‌طور مناسبی سازمان‌دهی و کاربردهای مستقیم آنها بررسی شود. یک نوع از طبقه‌بندی مهارت‌های حرکتی شامل مهارت‌های مجرد^۲، مهارت‌های مداوم^۳ و مهارت‌های زنجیره‌ای^۴ است. مهارت مجرد به آن دسته از مهارت‌هایی اطلاق می‌شود که نقطه شروع و پایان آن مشخص است و در زمانی بسیار کوتاه اجرا می‌شود، مانند مهارت‌های پرتابی یا شوت کردن یک توپ. مهارت مداوم شامل مهارت‌هایی است که نقطه آغاز و پایان مشخصی ندارد و زمان اجرای آن طولانی است، مانند مهارت دوچرخه‌سواری. دسته سوم که در بین دو نقطه قطبی پیوستار یادشده قرار دارند، شامل گروهی از مهارت‌های مجردند که زنجیره‌وار به هم متصل شده و پشت سر هم اجرا می‌شوند تا عمل پیچیده و مشکل‌تری را به‌وجود آورند. به این مهارت‌ها، مهارت‌های زنجیره‌ای می‌گویند، مانند اجرای یک روتین ژیمناستیک (۸).

نخستین تلاش‌ها به‌منظور ارتقای عملکرد ورزشکاران در این حوزه، به دهه ۱۹۷۰ میلادی برمی‌گردد (۹). در این زمان بود که پژوهشگران برای نخستین بار از ابزار بیوفیدبک برای ارتقای عملکرد ورزشکاران ژیمناستیک استفاده کردند. با گذشت زمان و پیشرفت دانش در زمینه به‌کارگیری پروتکل‌های مناسب، امکان اثرگذاری این ابزارها روزبه‌روز بیشتر شد و بر میزان کاربرد آن در ورزشکاران و تیم‌های ورزشی افزوده شد (۱۰). رواج کاربرد این ابزارها به‌حدی است که امروزه بسیاری از ورزشکاران حرفه‌ای و تیم‌های ورزشی برای رسیدن به موفقیت در رقابت‌های ورزشی، با استفاده از این تکنیک‌ها به تمرین می‌پردازند (۱۱-۱۴). برای مثال، می‌توان به آبینا و بیندرا^۵ ورزشکار هندی المپیک در رشته تیراندازی اشاره کرد

-
1. Neurophysiology
 2. Discrete skills
 3. Continuous skills
 4. Serial skills
 5. Abhinav Bindra
 6. Shooting

که زیر نظر متخصص بیوفیدبک آموزش دید. بیندرا با استفاده از تمرینات بیوفیدبک تغییرات ضربان قلب، سعی کرد که توانایی کنترل پاسخ‌های پاراسمپاتیک خود را قبل و در طول رقابت تیراندازی به دست آورد. او همچنین با استفاده از تمرینات نوروفیدبک آموزش دید تا قدرت تمرکز و بازداری از خودگویی‌هایی درونی را در طول تیراندازی افزایش دهد. در نهایت بیندرا موفق شد در المپیک تابستانی چین در سال ۲۰۰۸ اولین مدال طلای تاریخ هند در المپیک را کسب کند. این قبیل موفقیت‌ها، به اقبال بیش از پیش ابزارهایی مثل نوروفیدبک در میان ورزشکاران انجامید و به سیر پژوهشی این حوزه شتاب بخشید (۱۴).

پژوهش‌هایی که از طریق نوروفیدبک به ارتقای عملکرد پرداخته‌اند، بر مهارت‌های متنوعی تمرکز دارند؛ یکی از مهم‌ترین مهارت‌ها برای ورزشکاران، توانایی توجه و تمرکز بر تکلیف در حال جریان است. آنها باید در سریع‌ترین زمان ممکن، بهترین انتخاب را از بین گزینه‌های متعددی که پیش روی آنهاست، برگزینند که این امر به وجود سازوکارهای کارآمد توجه و تمرکز وابسته است. پژوهش‌ها نیز نشان داده‌اند که بین میزان توجه و عملکرد ورزشی نوعی رابطه علی قوی وجود دارد؛ به این صورت که هرچه توانایی توجه ورزشکار بالاتر و راهبردهای مورد استفاده او مناسب‌تر باشد، عملکرد او در تکالیف ورزشی بهتر است (۱۴، ۱۵).

پژوهش‌های بیشتری به کاربرد نوروفیدبک در بهبود اکتساب مهارت‌های حرکتی و به‌خصوص مهارت‌های مجرد پرداخته‌اند. در این زمینه همواره مشاهده شده است که پژوهشگران و مربیان ورزشی توانسته‌اند با بهره‌گیری از این روش، سرعت یادگیری حرکتی را در ورزشکار و هماهنگ کردن حرکات بهبود دهند. این مهم می‌تواند موجب یادگیری و هماهنگی حرکتی و سرعت عمل بهتری نیز شود. بهبود در این توانایی‌ها به معنای بهبود در عملکرد ورزشی و کسب رتبه‌های برتر بین‌المللی است. در همین زمینه تأثیرات نوروفیدبک صرفاً به مهارت‌های حرکتی مجرد محدود نمی‌شود و در بهبود مهارت‌های شناختی دیگری همچون بهبود توجه و تمرکز ورزشکار، بهبود در حافظه و سیستم حل مسئله و همچنین بهبود آرامش روانی و کاهش اضطراب رقابتی تأثیرگذار است. در واقع این روش می‌تواند هم از طریق ارتقای عملکرد حرکتی به صورت مستقیم و هم از طریق بهبود توانایی‌های شناختی مانند توجه و تمرکز و کارکردهای اجرایی در سیستم شناختی فرد به صورت غیرمستقیم عملکرد ورزشی را ارتقا دهد. برای مثال، توجه که از محوری‌ترین مفاهیم روان‌شناسی است که تاکنون نظریه‌ها و الگوهای متعددی برای تبیین آن ارائه شده است، به‌طور کلی به توانایی افراد در متمرکز شدن بر اطلاعات کسب‌شده از جهان

-
1. Heart Rate variability biofeedback
 2. Parasympathetic

خارج (حواس بیرونی) یا موارد در جریان درون (مثل حافظه و تصویرسازی) اشاره دارد (۱۶). در واقع توجه وسیله‌ای است که از طریق آن، میزان محدودی از اطلاعات را از میان حجم عظیم اطلاعاتی که حواس، حافظه ذخیره‌شده و سایر فرایندهای شناختی انسان در اختیار دارد، به صورت فعال پردازش می‌کند (۱۷). همان‌طور که در نمونه بیندرا هم مشاهده می‌شود، توجه و تمرکز تأثیر بسزایی در عملکرد ورزشکاران و به خصوص مهارت آنها در نشانه‌گیری دارد. به همین دلیل، پژوهش‌های بسیاری تا به امروز برای ارتقای توانایی تمرکز ورزشکاران انجام گرفته است. این پژوهش‌ها بیش از همه بر مهارت‌های نشانه‌گیری تأکید دارند که به نظر می‌رسد بیش از دیگر مهارت‌ها به تمرکز وابسته است. انباشت مقالات و نیز نتایج متناقض در این زمینه ایجاب می‌کند که در یک مقاله مروری به بررسی و تحلیل نتایج به دست آمده پرداخته شود. با در نظر داشتن این هدف، پژوهش حاضر در تلاش است تا با استفاده از یک رویکرد نظام‌مند، علاوه بر مرور یافته‌های پژوهشی، به تحلیل دقیق نتایج آنها بپردازد.

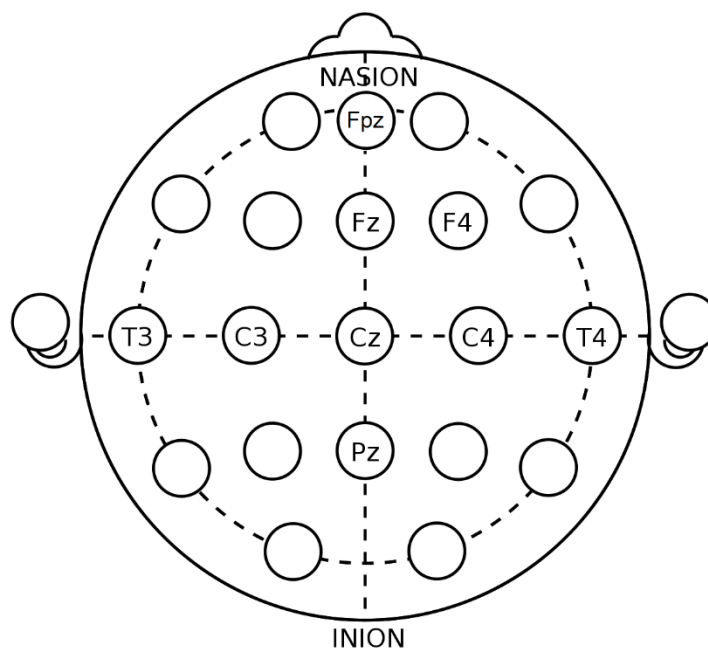
روش

ابتدا مقالات لاتین با استفاده از کلیدواژه‌های "Neurofeedback" و "EEG Biofeedback" همراه با کلیدواژه‌های مربوط به عملکرد ورزشی به صورت کلی یا خاص مثل "Sport performance"، "Athletic performance"، "Shooting performance"، "Archery"، "putting performance" و "Golf" مورد جست‌وجو قرار گرفت. برای جست‌وجوی این مقالات از پایگاه‌های PubMed، PsycINFO، Web of science، EBSCO و Google Scholar استفاده شد. همچنین برای اطمینان بیشتر، منابع مورد استفاده در مقالات مروری و فراتحلیل‌های مربوط به این حوزه بررسی شد. بازه زمانی جست‌وجو نیز از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ تعیین شد. سپس مقالات فارسی با استفاده از کلیدواژه‌های «نوروفیدبک» به همراه «عملکرد ورزشی»، «تیراندازی»، «پرتاب»، «نشانه‌گیری» یا «گلف» در پایگاه‌های جهاد دانشگاهی (SID)، مجلات تخصصی نور (Noormags)، بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran) و پایگاه اطلاعات علمی ایران (IranDoc) مورد جست‌وجو قرار گرفت. بازه زمانی انتشار مقالات نیز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ تعیین شد. در ابتدا ملاک‌هایی تعیین شد و برای استفاده از نتایج استخراج‌شده و ورود آنها به تحلیل، لازم بود مطالعات به دست آمده با همه آنها همخوانی داشته باشند. در مطالعات واجد شرایط باید: ۱. مقاله از نوع آزمایشی، شبه‌آزمایشی یا مطالعه موردی باشد؛ ۲. گروه هدف مداخله، ورزشکاران باشد (فارغ از میزان مهارت یا سابقه ورزشی)؛ ۳. حداقل یکی از مداخلات اصلی با استفاده از نوروفیدبک اجرا شده باشد؛ ۴.

خروجی مورد اندازه‌گیری، دقت در پرتاب یا نشانه‌گیری باشد؛ ۵. مقالات به زبان انگلیسی یا فارسی منتشر شده باشند.

ابتدا هر کدام از نویسندگان به‌طور مستقل به جست‌وجوی مقالات پرداختند. عنوان و چکیده مقالات به‌دست‌آمده را مطالعه و موارد نزدیک به معیارها را، انتخاب کردند. سپس بخش روش در مقالات انتخاب‌شده توسط هر پژوهشگر با دقت مطالعه شد تا همخوانی آن با ملاک‌های تعیین‌شده مشخص شود. در نهایت وقتی مطالعات واجد شرایط انتخاب شدند، با استفاده از چک‌لیست از پیش تهیه‌شده، اطلاعات مورد نیاز استخراج و ثبت شد. این چک‌لیست شامل مواردی مثل نوع ورزش، متغیر هدف، نوع مطالعه، نوع مداخله اجراشده، مکان الکتروود، مدت زمان اجرای مداخله و نتیجه مداخله بود.

یافته‌ها



شکل ۱. نواحی مغزی مربوط به محل الکتروودها. این تصویر، مکان الکترودهایی را نشان می‌دهد که در مطالعات مورد بررسی در پژوهش حاضر، تحت مداخله قرار گرفته‌اند. Nasion به جلوی سر و Inion به پشت سر اشاره دارد.

از میان مطالعات انجام گرفته در زمینه تأثیر نوروفیدبک بر عملکرد نشانه‌گیری، تعداد ۱۶ مقاله با ملاک‌های این مطالعه مروری سازگاری داشت. با این حال، یک مقاله داده‌های تکراری گزارش کرده بود که حذف شد. بنابراین در نهایت ۱۵ مقاله انتخاب و وارد تحلیل شدند. مطالعات انتخاب شده در ورزش‌های مختلفی اجرا شده بودند و وجه مشترک آنها، تلاش برای ارتقای مهارت‌های نشانه‌گیری و پرتاب ورزشکاران است. در جدول ۱، ویژگی‌های مختلف این مطالعات به‌طور خلاصه ذکر شده است. همچنین در شکل ۱، نواحی مغزی متناظر با مکان الکترودهایی که در مطالعات زیر اشاره شده‌اند (براساس سیستم ۲۰-۱۰)، گزارش شده است. در ادامه به مرور یافته‌های پژوهشی به‌دست آمده در این زمینه، به تفکیک نوع ورزش هدف، پرداخته می‌شود.

جدول ۱.

نویسنده	رشته ورزشی	نوع مطالعه	تعداد نمونه (تقریبی)	پروتکل	مکان الکتروود	طول مدت مداخله	نتیجه
لندرز و همکاران (۱۸)	تیراندازی با کمان	آزمایشی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل	۲۴	تنظیم پهنای فشری آهسته گروه بازخورد درست فعالیت بالاتر امواج بسامد پایین تر نیمکره چپ گروه بازخورد نامرست؛ فعالیت بالاتر امواج بسامد پایین تر نیمکره راست (Slow cortical activity)	T4 و T3	یک جلسه	بهبود معناداری در عملکرد ورزشی گروه درست به وجود آمد و کاهش معناداری در عملکرد گروه نامرست دیده شد. تفاوتی در عملکرد گروه کنترل به وجود نیامد.
آرنز و همکاران (۸)	گلف	گزارش موردی	۶	از نوعی پروتکل شخصی‌شده استفاده شد که براساس امواج EEG هر فرد به صورت اختصاصی برنامه‌ریزی شد.	FPz	۳ جلسه در روزهای مختلف-هر جلسه ۴ سری ۸۰ ثانی ضربات گلف به صورت ABAB بدون بازخورد- بدون بازخورد- با بازخورد- بدون بازخورد- با بازخورد)	عملکرد شرکت‌کنندگان در جلسات همراه با بازخورد بالاتر از جلسات بدون بازخورد بود. همچنین نوعی بهبود عملکرد کلی در میان شرکت‌کنندگان دیده شد.
اسکندر نژاد و همکاران (۱۹)	تیر و کمان	آزمایشی دوسوکور از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه ساختگی	۴۵	تقویت امواج آلفا و پروتکل آلفا-تتا	Pz و T3	۲۰ جلسه ۳۰ دقیقهای	نتایج تفاوت معناداری را میان گروه نوروفیدبک و گروه ساختگی نشان داد.
بانول و همکاران (۲۰)	تیراندازی با کمان	آزمایشی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل	۲۴	افزایش SMR (۱۵-۲۰) و در عین حال بزرگاری از امواج Theta (۴-۷) و High Beta (۲۶-۲۷)	Cz	۱۲ جلسه به مدت ۴ هفته (سه بار در هفته) هر جلسه ۲۰ دقیقه	مداخله به‌کاررفته در افزایش عملکرد موفق نبود. صرفاً متغیرهای نسبت-برآیند SMR/Theta ratio تفاوت معناداری نسبت به نمرات پیش‌آزمون نشان دادند.
رستمی و همکاران (۲۱)	تیراندازی با سلاح	آزمایشی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل	۲۴	پروتکل اول: افزایش SMR و همزمان بزرگاری از High Beta و پروتکل دوم: افزایش Alpha و Theta و همزمان بزرگاری از High Beta	پ. اول: C3 و C4 پ. دوم: Pz	۱۵ جلسه به مدت ۵ هفته (سه بار در هفته) هر جلسه ۶۰ دقیقه (۳۰ دقیقه برای هر پروتکل)	میانگین نتایج تیراندازی در گروه آزمایشی ارتقا یافت (هم نسبت به پیش‌آزمون و هم نسبت به نتایج گروه کنترل). باقی نشانگرها تفاوت معناداری نشان ندادند.
کانو و همکاران (۲۲)	گلف	گزارش موردی	۳	کاهش امواج Theta	Fz	یک جلسه تمرینی به مدت ۲۵ دقیقه	امواج Theta کاهش و در نتیجه توجه مداوم بهبود یافت. عملکرد ورزشکاران در نتیجه این مداخله ارتقا پیدا کرد. با این حال تأثیری در زمینه کاهش اضطراب رفتاری دیده نشد.

ادامه جدول ۱.

نویسنده	رشته ورزشی	نوع مطالعه	تعداد نمونه(نظر)	پروتکل	مکان الکترود	طول مدت مداخله	نتیجه
لندرز و همکاران (۱۸)	تیراندازی با کمان	آزمایشی از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون با گروه کنترل	۲۴	تنظیم پتانسیل قشری آهسته گروه باخورد درست: فعالیت بالاتر امواج بسامد پایین در نیمکره چپ گروه باخورد نادرست: فعالیت بالاتر امواج بسامد پایین در نیمکره راست (Slow cortical activity)	T4 و T3	یک جلسه	بهبود معناداری در عملکرد ورزشی گروه درست به وجود آمد و کاهش معناداری در عملکرد گروه نادرست دیده شد. تفاوتی در عملکرد گروه کنترل به وجود نیامد.
آرتز و همکاران (۸)	گolf	گزارش موردی	۶	از نوعی پروتکل شخصی شده استفاده شد که براساس امواج HHG هر فرد به صورت اختصاصی برنامه‌ریزی شد.	FPz	۳ جلسه در روزهای مختلف هر جلسه ۴ سری ۸۰ تایی ضربات گلف به صورت ABAB (بدون بازخورد - با بازخورد - بدون بازخورد - با بازخورد)	عملکرد شرکت‌کنندگان در جلسات همراه با بازخورد بالاتر از جلسات بدون بازخورد بود. همچنین نوعی بهبود عملکرد کلی در میان شرکت‌کنندگان دیده شد.
اسکندرناژاد و همکاران (۱۹)	تیرکمان	آزمایشی دوسوکور از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون با گروه ساختگی	۲۵	تقویت امواج آلفا و پروتکل آلفا تتا	Pz و T3	۲۰ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای	نتایج تفاوت معناداری را میان گروه نوروفیدبک و گروه ساختگی نشان داد.
پاتول و همکاران (۲۰)	تیراندازی با کمان	آزمایشی از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون با گروه کنترل	۲۴	انزایش SMR (۱۵-۲۰) و در عین حال بزرگی از امواج Theta (۴-۷) High Beta (۶۶-۷۲)	Cz	۱۲ جلسه به مدت ۴ هفته (سه بار در هفته) هر جلسه ۲۰ دقیقه	مداخله به کاررفته در افزایش عملکرد موفق نبود. صرفاً متغیرهای لذت - برانگیختگی و SMR:Theta ratio تفاوت معناداری نسبت به نمرات پیش-آزمون نشان دادند.
رستمی و همکاران (۲۱)	تیراندازی با سلاح	آزمایشی از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون با گروه کنترل	۲۴	پروتکل اول: افزایش SMR و همزمان بازرگی از High Beta و پروتکل دوم: افزایش Alpha و Theta و همزمان بازرگی از High Beta	به اول: C3 و C4 به دوم: Pz	۱۵ جلسه به مدت ۵ هفته (سه بار در هفته) هر جلسه ۶۰ دقیقه (۳۰ دقیقه برای هر پروتکل)	میانگین نتایج تیراندازی در گروه آزمایشی ارتقا یافت (هم نسبت به پیش-آزمون و هم نسبت به نتایج گروه کنترل). باقی نشانگرها تفاوت معناداری نشان ندادند.
کانو و همکاران (۲۲)	گolf	گزارش موردی	۳	کاهش امواج Theta	Fz	یک جلسه تمرینی به مدت ۲۵ دقیقه	امواج Theta کاهش و در نتیجه توجه معلوم بهبود یافت. عملکرد ورزشکاران در نتیجه این مداخله ارتقا پیدا کرد. با این حال تأثیری در زمینه کاهش اضطراب رقابتی دیده نشد.
فلاح و همکاران (۲۰)	بسکتبال	آزمایشی از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون با گروه کنترل	۲۴	پروتکل‌های اتمافتا و تتا SMR	Pz و C3	۳ روز در هفته به مدت ۱۰ جلسه	نتیجه تغییر معناداری در بهبود توجه و عملکرد آزمودنی‌ها در گروه آزمایشی نشان داد.
نوروزی سیدحسینی و همکاران (۲۱)	پرتاب دarts	آزمایشی از نوع پیش-آزمون - پس-آزمون	۲۰	بازداری آلفا	F4	۵ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای	تمرینات نوروفیدبک از طریق کاهش فرآیند حرکتی هشتر به عملکرد حرکتی مطلوب منجر می‌شود و حسن خودکاری را در ورزشکار ایجاد می‌کند.

ارتقای مهارت نشانه‌گیری در ورزش تیراندازی

شش مورد از مطالعات به دست آمده، به ارتقای مهارت‌های نشانه‌گیری در ورزش تیراندازی پرداخته‌اند. بیشترین پروتکل مورد استفاده در این مطالعات، پروتکل تقویت Alpha (۸-۱۲ هرتز) در ناحیه T3 و سپس تقویت Alpha/سرکوب Theta (۸-۴ هرتز) در ناحیه Pz است (۲۹، ۲۸، ۱۲). در یک مطالعه آزمایشی دوسوکور، اسکندرناژاد و همکاران (۱۲) اثربخشی این پروتکل را بر عملکرد نشانه‌گیری تیراندازان مبتدی بررسی کردند. نتایج نشان داد که گروه نوروفیدبک واقعی در مقایسه با گروه نوروفیدبک ساختگی^۱ و گروه کنترل، بهبود معناداری را در عملکرد تیراندازی خود تجربه کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر، یک گروه تیرانداز ماهر علاوه بر ۲۰ جلسه تمرین تیراندازی، با این پروتکل به تمرین نوروفیدبک پرداختند و با گروه

1. Sham neurofeedback

کنترلی که صرفاً به تمرینات تیراندازی پرداخته بودند، مقایسه شدند (۲۸). نتایج نشان داد که بعد از پایان مرحله آموزش، عملکرد گروه آزمایشی به‌طور معنادار بهتر از گروه کنترل است. در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از همین پروتکل، تیراندازان ماهر به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول به تمرینات نوروفیدبک و گروه دوم به تمرینات تحت فشار پرداختند و گروه سوم نیز به‌عنوان گروه کنترل، هیچ آموزش اضافی دریافت نکرد. نتایج نشان داد که میان گروه‌های آزمایشی و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد، اما میان دو گروه آزمایشی تفاوت معنادار دیده نشد (۲۸). بنابراین یافته‌های به‌دست‌آمده حاکی از این است که پروتکل تقویت Alpha در ناحیه T3 و سپس تقویت Alpha/سرکوب Theta در ناحیه Pz به ارتقای مهارت‌های نشانه‌گیری ورزشکاران رشته تیراندازی کمک می‌کند.

از پروتکل‌های دیگری نیز با هدف ارتقای مهارت نشانه‌گیری در تیراندازی استفاده شده است. در یک مطالعه نسبتاً قدیمی، لندرز و همکاران (۱۸) از پروتکل‌های پتانسیل قشری آهسته (SCP) برای ارتقای عملکرد تیراندازان نیمه‌حرفه‌ای استفاده کردند. شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند که شامل گروه کنترل (بدون بازخورد)، گروه بازخورد درست (دریافت بازخورد از ناحیه T3) و گروه بازخورد نادرست (دریافت بازخورد از ناحیه T4) بودند. مداخلات گروه‌های آزمایشی در یک جلسه برگزار شد. نتایج نشان داد که عملکرد گروه بازخورد درست در تمرین پس‌آزمون با بهبود معناداری همراه بود؛ درحالی‌که عملکرد گروه بازخورد نادرست با کاهش همراه بود و عملکرد گروه کنترل، بدون تغییر مانده بود. در مطالعه‌ای دیگر، رستمی و همکاران (۲۱) اثربخشی تمرینات نوروفیدبک را از طریق پروتکل‌های افزایش SMR (-۱۵ تا ۱۲ هرتز) و همزمان بازداری High Beta (۱۸-۳۱ هرتز) در نواحی C3 و C4 و سپس افزایش Alpha و Theta و همزمان بازداری از High Beta در ناحیه Pz بررسی کردند. نتایج نشان داد که گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل، بهبود معناداری را در نتیجه دریافت نوروفیدبک تجربه می‌کند.

با اینکه بسیاری از مطالعات، اثربخشی نوروفیدبک را در ارتقای عملکرد ورزشی نشان داده‌اند، اما پروتکل‌های نوروفیدبک همیشه با کاربرد مثبت همراه نبوده‌اند. یک نمونه، مطالعه پائول و همکاران (۲۰) است که در آن پژوهشگران اثربخشی پروتکل افزایش SMR و در عین حال بازداری از امواج Theta و High Beta در ناحیه Cz را در افزایش دقت و عملکرد ورزشکاران رشته تیراندازی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که این پروتکل تغییری در میزان دقت ورزشکار ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین قادر به ارتقای عملکرد ورزشکاران نیست.

ارتقای مهارت ضربه‌زدن در ورزش گلف

گلف ورزش دیگری است که هنگام اجرای ضربات، به توجه و تمرکز کافی نیاز دارد. در این مورد نیز چهار پژوهش معتبر منتشر شده است. رینگ و همکاران (۲۳) در یک مطالعه آزمایشی و کنترل شده، به ارزیابی اثربخشی پروتکل کاهش امواج High Alpha و Theta در ناحیه Fz پرداختند. هدف آنها بررسی این مطلب بود که آیا تمرینات کوتاه نوروفیدبک (سه جلسه تمرین یکساعته) می‌تواند الگوی امواج مغزی ورزشکاران گلف و در نتیجه عملکرد آنها را در ضربات بهبود بخشد. نتایج نشان داد که با وجود تغییر محسوس در الگوی امواج مغزی، بهبودی در عملکرد ضربات گلف گروه نوروفیدبک در مقایسه با گروه کنترل به وجود نیامده است. همچنین در مطالعه دیگری، کائو و همکاران (۲۲) اثربخشی یک جلسه تمرین نوروفیدبک را با استفاده از پروتکل بازداری امواج Theta در ناحیه Fz مورد بررسی کردند. در این مطالعه، سه ورزشکار حرفه‌ای گلف در یک جلسه تمرینی شرکت کردند که شامل تعدادی تمرین ارزیابی پایه، یک تمرین نوروفیدبک و در آخر تعدادی ارزیابی پس‌آزمون بود. نتایج نشان داد که دریافت جلسه تمرینی نوروفیدبک با این پروتکل، تأثیر بسزایی در بهبود عملکرد ورزشکاران دارد.

چنگ و همکاران (۲۵) در مطالعه دیگری، از ۸ جلسه تمرینی نوروفیدبک با استفاده از پروتکل افزایش SMR در ناحیه Cz استفاده کردند تا دقت و خودکار بودن ضربات گلف را در ورزشکاران حرفه‌ای افزایش دهند. نتایج نشان داد که در مقایسه با گروه کنترل، افرادی که تمرینات نوروفیدبک دریافت کرده بودند، در جلسات پس‌آزمون علاوه بر افزایش توان SMR در بازه ۱/۵ ثانیه پیش از ضربه زدن به توپ، دقت و عملکرد بالاتری را در ضربات خود نشان دادند. بنابراین پروتکل به کاررفته در این مطالعه توانایی افزایش عملکرد افراد را دارد. از سوی دیگر، در یک مطالعه متفاوت نسبت به ادبیات رایج این حوزه، آرنز و همکاران (۷) از نوروفیدبک فردی شده استفاده کردند تا عملکرد ورزشکاران مبتدی گلف را ارتقا دهند. در این مطالعه، آنها ابتدا با استفاده از ابزار EEG، حالات مغزی همبسته با ضربات موفق و ناموفق را مورد سنجش قرار دادند و نشانگرهای مغزی اختصاصی هر فرد را مشخص کردند. سپس در نیمی از جلسات تمرین با استفاده از نوروفیدبک صوتی، تنها زمانی به آنها اجازه ضربه داده می‌شد که در حالت مغزی مرتبط با ضربات موفق قرار داشته باشند (به این صورت که صوت NoGo هنگام قرار داشتن در وضعیت مطلوب قطع می‌شد). نتایج این مطالعه نشان داد که وضعیت مغزی مطلوب برای هر فرد نسبت به افراد دیگر

متفاوت است و تمرینات نوروفیدبک با استفاده از این روش می‌تواند بهبود شایان توجهی را در عملکرد موجب شود.

ارتقای مهارت نشانه‌گیری در پرتاب دارت

پرتاب دارت نیز از جمله مهارت‌هایی است که به دقت و تمرکز کافی نیاز دارد. در این بخش، سه مطالعه آزمایشی با هدف ارتقای مهارت نشانه‌گیری گزارش شده است. در مطالعه‌ای که بر روی دانشجویان رشته تربیت بدنی دانشگاه ارومیه صورت گرفت، در گروه تمرینات نوروفیدبک، از پروتکل Alpha/Theta در ناحیه Pz و پروتکل Theta/SMR در ناحیه C3 استفاده شد و عملکرد این گروه با گروه‌های تصویرسازی ذهنی، تمرینات بدنی و گروه کنترل مقایسه شد (۲۶، ۲۳). نتایج نشان داد با اینکه تمرینات نوروفیدبک، تصویرسازی ذهنی و تمرینات بدنی (در سه وضعیت مستقل) به ارتقای عملکرد افراد نسبت به وضعیت کنترل کمک می‌کند، اما تفاوت معناداری میان این گروه‌ها مشاهده نمی‌شود. بنابراین هر سه مداخله آزمایشی اعمال شده به یک اندازه مؤثرند و به ارتقای عملکرد کمک می‌کنند. در مطالعه‌ای دیگر، نوروزی سیدحسینی و همکاران (۳۱) اثربخشی پروتکل بازدارنده امواج Alpha در ناحیه F4 را در ارتقای مهارت نشانه‌گیری ورزشکاران حرفه‌ای دارت ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تمرینات نوروفیدبک می‌تواند عملکرد افراد را بهبود بخشد و این ارتقای عملکرد در وضعیت پرفشار هم ادامه داشت. بنابراین پروتکل به‌کاررفته در این مطالعه می‌تواند به ارتقای عملکرد ورزشکاران پرتاب دارت کمک کند.

ارتقای مهارت شوت‌زنی در فوتبال

شوت‌زنی در فوتبال دیگر مهارت ورزشی است که به توجه و تمرکز کافی نیاز دارد. بر همین اساس زادخوش و همکاران (۲۵) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثربخشی تمرینات نوروفیدبک با استفاده از پروتکل کاهش Alpha و افزایش Theta در ناحیه Pz پرداختند. عملکرد شوت ۲۴ بازیکن فوتبال در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شد. درحالی‌که به یک گروه در فاصله این دو آزمون تمرینات نوروفیدبک ارائه شد و گروه دیگر این فاصله را بدون تمرین سپری کرد. نتایج نشان داد با اینکه عملکرد هر دو گروه با کمی بهبود همراه است، اما گروه نوروفیدبک به‌واسطه تمریناتی که دریافت کرده بودند، بهبود بسیار بالاتری را در عملکرد شوت‌زنی نشان دادند.

ارتقای مهارت پرتاب آزاد در بسکتبال

پرتاب آزاد در بسکتبال نیز به واسطه دقت و تمرکزی که لازم دارد، مهارت دیگری است که توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. در همین زمینه، فلاح و همکاران (۲۹) به ارزیابی اثربخشی

تمرینات نوروفیدبک در ارتقای مهارت‌های توجه و پرتاب آزاد بسکتبال پرداختند. آنها در این مطالعه، ۲۴ دانشجوی تربیت بدنی را به دو گروه آزمایشی و کنترل تقسیم کردند و در گروه آزمایشی از دو پروتکل SMR/Theta در ناحیه Cz و Alpha/Theta در ناحیه Pz برای ارائه تمرینات نوروفیدبک به افراد استفاده کردند. نتایج نشان داد که تمرینات نوروفیدبک علاوه بر افزایش مهارت توجه، پرتاب آزاد را نیز در این افراد بهبود بخشیده است؛ در حالی که این اثر در گروه کنترل دیده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در بخش یافته‌ها به‌طور مفصل عنوان شد، پژوهش‌های بسیاری با هدف ارتقای مهارت نشانه‌گیری در ورزشکاران از ابزار نوروفیدبک استفاده کرده‌اند. این پژوهش‌ها با توجه به زمینه کاربردی‌شان، پروتکل‌های متفاوت و گاهی متناقضی را برای دستیابی به هدف خود به‌کار برده‌اند. برای مثال، در برخی موارد، افزایش فعالیت موج Alpha هدف پژوهشگران بوده و در برخی موارد دیگر، کاهش این موج در دستور کار قرار گرفته است. نتایج نیز بر همین مبنای، به‌صورت متنوع گزارش شده است. با اینکه در اغلب موارد، به‌کارگیری نوروفیدبک، ارتقای عملکرد ورزشکاران را در پی داشته است، اما برخی یافته‌ها نیز مؤید عدم تأثیر تمرینات نوروفیدبک بوده‌اند. در ادامه به بحث در خصوص این موضوع پرداخته می‌شود.

نکته اولی که باید مدنظر قرار گیرد، نوع پروتکل مورد استفاده در این پژوهش‌هاست. انتخاب پروتکل مناسب، مهم‌ترین گام اجرایی این‌گونه مداخلات است. اگر در این گام منطق علمی رعایت نشود، قاعدتاً احتمال بالایی برای شکست وجود دارد. برای نمونه پژوهش‌های مربوط به بخش ارتقای عملکرد تیراندازی، پروتکل اصلی مورد استفاده در این بخش به تقویت Alpha در ناحیه T3 و سپس تقویت Alpha/سرکوب Theta در ناحیه Pz می‌پردازد که با نتایج مثبتی همراه بوده است (۲۹، ۲۸، ۱۹). در حالی که در پژوهش دیگری، از پروتکل افزایش SMR و در عین حال بازداری از امواج Theta و High Beta در ناحیه Cz استفاده می‌کند (۲۰) که تغییری را در عملکرد ورزشکاران ایجاد نمی‌کند. نکته مهم در این زمینه آن است که هر ناحیه‌ای از مغز براساس پژوهش‌های مختلف، مسئول پردازش نوع خاصی از دروندادهای حسی است. برای مثال، در رابطه با نواحی گیجگاهی^۱ و آهیانه‌ای^۲ مشاهده می‌شود که این دو ناحیه با

1 . Temporal area

2 . Parietal area

توجه به همکاری در ادراک منسجم شناختی (نقش این دو در نواحی تداعی^۱؛ ۳۲) و همچنین نقش ناحیه آهیانه‌ای در توجه و ظرفیت حافظه کاری^۲ (۳۳)، تغییر و دستکاری آنها می‌تواند با انتظار بهبودی در توجه و تمرکز همراه باشد. این موضوع در مورد ناحیه حسی-حرکتی^۳ که در اصل مسئول شروع و برنامه‌ریزی حرکتی است، بیشتر با بروز رفتار مناسب مهارت‌های حرکتی همراه است تا توجه و تمرکز. در این حالت مشاهده می‌شود که دستکاری نواحی گیجگاهی-آهیانه‌ای با عملکرد بهتر در مهارت‌های مرتبط با آنها در ورزش مرتبط همراه است. اما در مورد ناحیه حسی-حرکتی این‌گونه نیست. بنابراین ضروری است که هنگام اجرای این‌گونه مداخلات، دانش کافی در زمینه پروتکل‌های مناسب داشته باشیم.

از سوی دیگر، نحوه اجرای مداخلات نیز ممکن است سبب ایجاد نتیجه خنثی و عدم تأثیر تمرینات نوروفیدبک شود. این مسئله به‌وضوح در مطالعه رینگ و همکاران (۲۳) دیده می‌شود. این مطالعه که هدف آن شبیه‌سازی فعالیت مغزی افراد متخصص در هنگام اجرای ضربات موفق گلف بود، پروتکل مناسبی را انتخاب کرد که براساس یافته‌های علمی پیشین بود. یافته‌های قبلی نشان داده‌اند که برخی نشانگرهای مغزی قابل ردیابی برای ایجاد تمایز میان ضربات موفق و ناموفق گلف وجود دارد. برای نمونه، بایبلونی و همکاران (۴) در مطالعه‌ای در زمینه مشخص کردن همبسته‌های مغزی ضربات موفق در افراد حرفه‌ای گلف، به این نتیجه دست یافتند که در نواحی حرکتی و پیش‌حرکتی^۴ (Fz، Cz و C4) مغز افراد حرفه‌ای هنگام اجرای ضربات موفق، کاهش محسوس در امواج Higher Alpha (۱۰-۱۲ هرتز) دیده می‌شود. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، کوکی و همکاران (۳۴) فعالیت مغزی مقدم بر ضربات موفق و ناموفق گلف را در هر دو گروه حرفه‌ای و مبتدی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که افراد حرفه‌ای در گلف، کاهش بالاتری را در امواج High Alpha نسبت به افراد مبتدی نشان می‌دهند. ضربات موفق نیز با قدرت پایین‌تر امواج High Alpha در نواحی مرکزی مغز (مثل Fz، F3، F4 و Cz) در دو ثانیه پیش از اجرای ضربات همراه بود. بر همین اساس، رینگ و همکاران (۲۳) از پروتکل کاهش امواج Higher Alpha و Theta در ناحیه Fz استفاده کردند تا عملکرد افراد مبتدی را طی تمرینات نوروفیدبک به سطح حرفه‌ای نزدیک کنند. نتایج نشان داد با اینکه نشانگرهای مغزی افراد گروه آزمایش به سطح حرفه‌ای نزدیک شده، اما عملکرد آنها در ضربات گلف تغییری نکرده است. بهترین تبیین برای این نتایج خنثی، به نحوه اجرای

-
- 1 . Association areas
 - 2 . Working memory
 - 3 . Sensory-motor area
 - 4 . Motor and premotor areas

پروتکل‌ها برمی‌گردد. با توجه به پژوهش‌های قبلی، تقریباً دو ثانیه پیش از اجرای ضربات موفق تا یک ثانیه پس از آن، فعالیت امواج Higher Alpha با کاهش بسیار زیادی همراه است، اما در گروه آزمایشی مطالعه رینگ و همکاران (۲۳)، فعالیت این امواج اندکی قبل از اجرای ضربات، کاهش داشت، اما فعالیت آن در حین ضربات و پس از آن، همانند گروه کنترل بود. بنابراین به نظر می‌رسد نحوه اجرای پروتکل‌های نوروفیدبک نیز تأثیر فراوانی در به نتیجه رسیدن مداخلات داشته باشد. در مطالعات ذکر شده علاوه بر متفاوت بودن پروتکل‌های درمانی به کار گرفته شده، در خصوص مقایسه فعالیت‌های عصبی قشر مخ قبل و بعد از نوروفیدبک توجه چندانی به آن نشده و لازم است تا در پژوهش‌های آتی مدنظر قرار گیرد. این مهم خود می‌تواند به دلیل توجه این مطالعات به مقایسه ورزشکاران حرفه‌ای و غیرحرفه‌ای باشد و به همین دلیل مورد غفلت و عدم گزارش واقع شده است.

روی هم‌رفته، پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه مؤید اثربخشی و کاربرد ابزار نوروفیدبک در ارتقای عملکرد ورزشی است و می‌تواند به عنوان یک رویکرد عملی در رشته‌های ورزشی گوناگون به کار رود. تعداد ۱۶ مقاله در این زمینه منتشر شده است که غالب آنها با نتایج مثبت همراه بوده‌اند. برخی نیز تأثیر مثبتی را گزارش نکرده‌اند که شمار آنها اندک است. با این حال، در مقاله حاضر به برخی از علل عدم تأثیر این مداخلات اشاره کردیم که مسیر را برای مطالعات آینده هموار می‌کند.

همواره باید در نظر داشت که پژوهش‌های انجام گرفته در این حوزه همچنان در ابتدای راه خود هستند. موضوع کاربرد نوروفیدبک در عملکرد ورزشی و ارتقای عملکرد ورزشکاران موضوعی است که دارای چالش‌های خاص خود است. در ابتدا لازم تا توجه شود که مطالعات کافی در خصوص ارتقای عملکرد در رشته‌های ورزشی به صورت تخصصی‌تر و جداگانه چندان انجام نگرفته است و لازم است تا در هر رشته ورزشی برنامه مداخله‌ای مختص به ارتقای عملکرد ورزشی همان رشته مشخص شود. برای مثال، آیا برنامه مداخله‌ای که برای عملکرد ورزشکار رشته تیراندازی، پینگ‌پونگ یا بدمینتون انجام می‌گیرد، همانند برنامه مداخله‌ای رشته کشتی آزاد و فرهنگی، شنا، دوومیدانی و غیره است؟ در این زمینه هنوز مطالعات و پژوهش‌های دقیق‌تری نیاز است تا صورت گیرند. همچنین لازم است تا مشخص شود که در هر مداخله برای هر رشته ورزشی چه ناحیه‌ای از مغز و با چه موج تقویتی یا بازداری باید در پروتکل ارتقای عملکرد گنجانده شود. این مسئله از مهم‌ترین موضوعات و چالش‌ها در حوزه عصب‌شناسی و ارتقا عملکرد ورزشی است. پیگیری‌های پژوهشی و بررسی و ارزیابی ثبات تغییرات ایجاد شده در عملکرد ورزشکار نیز باید در طول زمان و پس از سپری شدن دوره مداخله‌ای و مسابقات ثبت شود. این می‌تواند در تغییر برنامه

مداخله‌ای بسیار راهنما باشد. همچنین باید در نظر داشت که انجام تمرینات نوروفیدبک نیاز به زمان به نسبت طولانی و منظمی دارد. این مهم به این دلیل است که تأثیرات این درمان باید به صورت تجمعی و تمرینی روی نورون‌های عصبی انجام گیرد و با یک یا دو جلسه تمرین در هفته یا ماه نباید انتظار اثربخشی زیادی را داشت. به همین دلیل لازم است تا قبل از اجرای در گروه ورزشی، توضیح داده شود که حداقل هفته‌ای سه تا شش جلسه تمرینی لازم است که تأثیرات پایدار و اثربخشی مشاهده شود. در خصوص رفع موارد بیان شده، لازم است هسته‌های پژوهشی در کشور تشکیل شوند و با تمرکز بر کاربرد این ابزارها و تکنولوژی روز دنیا، به‌کارگیری آن را در کارگروه‌های هر رشته ورزشی و زیر نظر متخصصان علوم ورزشی، روان‌شناسان و متخصصان علوم اعصاب و کادر فنی تیم ورزشی اجرا کنند. همچنین باید به صورت دقیق مشخص شود که هر برنامه مداخله‌ای در هر رشته ورزشی با چه تغییری در سطح کارکردهای شناختی، عملکرد ورزشی و پیشرفت ورزشکار در مسابقات حرفه‌ای همراه بوده است. این کار تحقیقات طولی و مقطعی خاصی را به همراه یک تیم پژوهشی می‌طلبد. همچنین توصیه می‌شود تا ترکیبی از روش‌های نوروفیدبک و علم فیزیولوژی ورزشی در کنار هم نحوه سازوکار تغییرات ناشی از نوروفیدبک را به صورت علمی و در مطالعات مختلفی بررسی و منتشر کنند. این کار سبب می‌شود که این رشته نوپا و جدید مقبولیت بیشتری را بین متخصصان حوزه ورزش و مربیان کسب کند و جزو تمرینات روزانه هر ورزشکار قرار گیرد. یکی دیگر از مواردی که می‌توان به آن توجه کرد کاربرد مقطعی یا طولانی مدت این روش در ورزشکاران حرفه‌ای است. آیا صرفاً انجام نوروفیدبک چند ماه قبل از مسابقات کافی است یا اینکه ورزشکار باید آن را در دوران پس از مسابقات هم پیگیری و انجام دهد؟ کاربرد تکنولوژی‌های علوم اعصاب در ورزش و روش‌های مختلف مداخله‌ای آن راه جدیدی را در این حوزه با انواع موضوعات و چالش‌های پیشرو به همراه دارد (۳۸ - ۳۶).

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی نیز بود. ابتدا باید در نظر داشت که این پژوهش از نوع مروری است و از نظر تولید دانش در مقایسه با پژوهش‌های اصیل یا بنیادی علمی ارزش علمی کمتری دارد. در نتیجه توصیه می‌شود تا با بهره‌گیری از مطالعات گزارش شده و رفع نواقص آنها، پژوهش‌های اصیل و بنیادی جدیدی در راستای کاربرد نوروفیدبک در رشته‌های مختلف و اثربخشی آن در بهبود توجه و تمرکز ورزشکاران مبتدی و حرفه‌ای انجام گیرد. از دیگر محدودیت‌های آن روش‌شناسی و جمع‌آوری داده است که توصیه می‌شود تا پژوهش‌های بعدی روی همگنی نظر نویسندگان در جمع‌آوری داده از طریق روش‌های آماری تمرکز کنند.

منابع و مأخذ

1. Park JL, Fairweather MM, Donaldson DI. Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2015. 1(52). 17-30.
2. Ericsson KA. The acquisition of expert performance: An introduction to some of the issues. *The road to excellence: The acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports, and games*. 1996. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
3. Yarrow K, Brown P, Krakauer JW. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. *Nature Reviews Neuroscience*. 2009. 10(8). 85-96.
4. Babiloni C, Marzano N, Iacoboni M, Infarinato F, Aschieri P, Buffo P, Cibelli G, Soricelli A, Eusebi F, Del Percio C. Resting state cortical rhythms in athletes: a high-resolution EEG study. *Brain Research Bulletin*. 2010. 81(1). 49-56.
5. Del Percio C, Babiloni C, Marzano N, Iacoboni M, Infarinato F, Vecchio F, Lizio R, Aschieri P, Fiore A, Toràn G, Gallamini M. "Neural efficiency" of athletes' brain for upright standing: a high-resolution EEG study. *Brain research bulletin*. 2009. 79(3-4). 193-200.
6. Dekker MK, Van den Berg BR, Denissen AJ, Sitskoorn MM, Van Boxtel GJ. Feasibility of eyes open alpha power training for mental enhancement in elite gymnasts. *Journal of Sports Sciences*. 2014. 32(16). 50-60.
7. Arns M, Kleinnijenhuis M, Fallahpour K, Breteler R. Golf performance enhancement and real-life neurofeedback training using personalized event-locked EEG profiles. *Journal of Neurotherapy*. 2008.11(4). 8-11.
8. Schmidt RA, Lee T. *Motor Control and Learning*, 5E. Human kinetics. 1988:56-60.
9. Dorsey JA. The effects of biofeedback-assisted desensitization training on state anxiety and performance of college age male gymnast (Doctoral dissertation, ProQuest Information & Learning). 1997.
10. Blumenstein B, Orbach I. Case 6-The road to Olympic medal. *Case Studies in Applied Psychophysiology*. 2012. John Wiley & Sons, Ltd 120.
11. Derfel A. Italy's weapon is all in their heads: A Montreal firm developed the Mind Room, which helps Azzurri players put soccer into focus. July 8, 2006. *The Gazette*. 2006.
12. Beauchamp MK, Harvey RH, Beauchamp PH. An integrated biofeedback and psychological skills training program for Canada's Olympic short-track speedskating team. *Journal of clinical sport psychology*. 2012. 6(1). 67-84.
13. Blumenstein B, Lidor R. The road to the Olympic Games: A four-year psychological preparation program. *Athletic insight*. 2007. 9(4).15-28.
14. Harkness T. Psykinetics and biofeedback: Abhinav Bindra wins India's first-ever individual gold medal in Beijing Olympics. *Biofeedback*. 2009. 37(2). 48-52.
15. Cox RH. *Sport psychology: Concepts and applications*. McGraw-hill; 1998.
16. Moran A. Attention and concentration training in sport. *Encyclopedia of Applied Psychology*. 2004. 1(5). 9-14.
17. Sternberg RJ, Sternberg K. *Cognitive psychology*. Nelson Education; 2016.

18. Landers DM, Petruzzello SJ, Salazar W, Crews DJ, Kubitz KA, Gannon TL, Han M. The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991. 23 (1).124-129.
19. Eskandarnejad, M. Abdoli, B., Nazari, M.A. The effect of neurofeedback on elementary shooters performance: A double blind study (in Persian). *Research in sport science*. 2011; 5(6). 57-74.
20. Paul M, Ganesan S, Sandhu JS, Simon JV. Effect of Sensory Motor Rhythm Neurofeedback on Psycho-physiological, Electro-encephalographic Measures and Performance of Archery Players. *Ibnosina Journal of Medicine & Biomedical Sciences*. 2012. 4(2). 45-57.
21. Rostami R, Sadeghi H, Karami KA, Abadi MN, Salamati P. The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. *Journal of Neurotherapy*. 2012. 16(4). 264-9.
22. Kao SC, Huang CJ, Hung TM. Neurofeedback training reduces frontal midline theta and improves putting performance in expert golfers. *Journal of Applied Sport Psychology*. 2014. 26(3):271-86.
23. Ring C, Cooke A, Kavussanu M, McIntyre D, Masters R. Investigating the efficacy of neurofeedback training for expediting expertise and excellence in sport. *Psychology of sport and exercise*. 2015. 16 (4).118-27.
24. Mohammadzadeh. H., Salehi. M., Amini, H. Comparision of neurofeedback training and body practicing on performance and learning of dart shooting (in persian). *Development and motor learning*. 2016; 8(3); 67-83.
25. Cheng MY, Huang CJ, Chang YK, Koester D, Schack T, Hung TM. Sensorimotor rhythm neurofeedback enhances golf putting performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2015.37(6):626-36.
26. Zakhosh, M., Arayagh Zandy, H. Hemmat Talab, R. The effect of neurofeedback Training on reducing sport anxiety and sport performanceenhancement in athletes (in Persian). *Applied Psychological Research Quarterly*. 2017;7(4); 21-37.
27. Mohammadzadeh, H., Salehi, M., Amini, H. Coparing neurofeedback training and mental imagination on Dart shooting learning (in Persian). *Neuropsychology*. 2015;1(1); 86-103.
28. Mohammadi, M., Taheri, H., Sohrabi, M. Effectiveness of neurofeedback training on error detection and skilled shooters performance (in Persian). *Sport management and motor behavior*. 2016. 12(23). 27-38.
29. Faghfori Azar, M. Shahbazi, M., Tahmasebi Brojeni, Sh. Effectiveness of neurofeedback and competition condition pressure on skilled shooter athlete performance. *Neuropsychology*. 2017;3(9); 16-22.
30. Fallah, M., Moghaddas Tabrizi, Y., Gherayagh Zandy, H. Effectiveness of neurofeedback on attention and skill of shooting in Basketball (in Persian). *Neuropsychology*. 2018. 4(2). 97-108.

31. Nourozi Sayyed Hasan, E., Hoseini, F. Vaez Mosavi, M. The effect of neurofeedback training on sport performance enhancement and motor conscious processing in skilled Dart athletes (on Persian). *Developing and learning of sport movemen*. 2018; 1(10): 57-69.
32. Garcia-Cabezas MA, Zikopoulos B, Barbas H. The structural Model: a theory linking connections, Plasticity, Pathology, Development and evolution of the cerebral cortex. *Brain Structure and Function*. 2019.224(3); 985-1008
33. Bender M, Romei V, Sauseng P. Slow theta tACS of the right parietal cortex enhances contralateral visual working memory capacity. *Brain topography*. 2019. 32(3). 77-81.
34. Cooke A, Kavussanu M, Gallicchio G, Willoughby A, McIntyre D, Ring C. Preparation for action: Psychophysiological activity preceding a motor skill as a function of expertise, performance outcome, and psychological pressure. *Psychophysiology*. 2014. 51(4). 74-84.
35. Dupee M, Formeris T, Werthner P. Perceived outcomes of a biofeedback and neurofeedback training intervention for optimal performance: Learning to enhance self-awareness and self-regulation with olympic athletes. *The Sport Psychologist*. 2016 Dec 1;30(4):339-49.
36. Marzbani H, Marateb HR, Mansourian M. Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic and clinical neuroscience*. 2016 Apr;7(2):143.
37. Xiang MQ, Hou XH, Liao BG, Liao JW, Hu M. The effect of neurofeedback training for sport performance in athletes: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018 May 1;36:114-22.
38. Mirifar A, Beckmann J, Ehrlenspiel F. Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017 Apr 1;75:419-32.

The Effectiveness of Neurofeedback Training on Enhancing Discrete Skills of Athletes: A Review Study

**Jamil Mansouri*¹ - Reza Rostami² - Ahmad Shahvaroghi³ -
Sadegh Ranjbar⁴**

**1,3. MSc in Psychology, University of Tehran, Tehran, Iran 2. Professor,
Department of Psychology, Faculty of Psychology and Educational
Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran 4.Ph.D Student in Sport
Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences,
University of Tehran, Tehran, Iran**

(Received: 2020/01/31; Accepted: 2020/07/26)

Abstract

Many techniques have been invented to enhance sport performance which nowadays are used by athletes in different sport fields. Among these techniques, neurofeedback as a noninvasive brain method has received much attention. The present study was conducted to report research results of athletes' discrete skills by convenience sampling method. English articles were searched by keywords like "neurofeedback", "EEG neurofeedback", "sport performance", "athletic performance", "shooting performance", "archery", "putting performance" and "golf" to collect data. The articles were collected from PsycINFO, PubMed, web of science, EBSCO and Google Scholar databases from 1990 to 2018. Persian articles were searched with same keywords in SID, Noormags, Magiran and Irandoc databases from 2001 to 2020. 16 articles had the inclusion criteria of the research and were selected. Then, the information of each article was extracted and reported in findings by an author using a specific checklist. Results showed that different recruited neurofeedback protocols in any study could affect the results of interventions and it is necessary to pay attention to this method in athletes. Based on these findings, neurofeedback training has positive effectiveness on enhancing sport performance in athletes.

Keywords

Attention, discrete skills, focus, neurofeedback training, sport performance.

* Correspondent Author: Email: mansourijamil@ut.ac.ir. Tel: +989189714673