پژوهش در علوم ورزشی شماره ۵، بهار ۱۳۸۹، صص ۷۴-۵۷

تأثیر آموزش نوروفیدبک بر عملکرد تیر و کمان کاران مبتدی: یک مطالعهٔ دو سو کور

*مهتا اسکندرنژاد[۱]، دکتر بهروز عبدلی[۲]، دکتر محمدعلی نظری[۳]،
دکتر محمد کاظم واعظ موسوی[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۱۱/۱۶

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر آموزش نوروفیدبک بر عملکرد تیر وکمان کاران مبتدی است. روش تحقیق از نوع آزمایشی، با استفاده از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل است. ۴۵ دانشجوی دختر، به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری (گروه نوروفیدبک واقعی، نوروفیدبک ساختگی و گروه کنترل) تقسیم شدند. یک مربی مجرب تیر و کمان که از گروه‌بندی و اهداف پژوهشی آگاه نبود، رکورد تمامی افراد را قبل و بعد از مداخلهٔ نروفیدبک از ۳۰ پرتاب محاسبه کرد. برنامهٔ تمرینی هر سه گروه، به‌طور یکسان شامل سه جلسه تمرین تیر و کمان در هفته، به مدت ۲۰ جلسه، تحت نظر مربی مجرب تیر و کمان بود. جلسات نوروفیدبک برای گروه یک شامل ۱۰ دقیقه آموزش تقویت موج آلفا در ناحیه T_3 بود و۲۰ دقیقهٔ بعدی به پروتکل آلفا-تتا در ناحیهٔ Pz اختصاص یافت. برای گروه دو، پروتکل مشابهی ارائه شد با این تفاوت که در این گروه، بازخوردهای ارائه شده هیچ ارتباطی با فعالیت عصبی آنها نداشت. گروه کنترل نیز هیچ‌گونه مداخلهٔ نروفیدبکی دریافت نکرد. نتیجهٔ تحلیل کوواریانس یک‌طرفه، افزایش معنی‌دار میانگین رکوردها را در گروه نوروفیدبک واقعی، در مقایسه با گروه‌های دیگر نشان داد ($\alpha<0/05$). بر اساس این نتیجه پیشنهاد می‌شود از آموزش نوروفیدبک برای بهبود عملکرد تیروکمان کاران مبتدی استفاده شود.

کلید واژه‌های فارسی: نوروفیدبک، نوروفیدبک ساختگی، EEG بیوفیدبک، تیروکمان.

۱. مربی دانشگاه تبریز Email: mahta.eskandarnejad@gmail.com
۲. استادیار دانشگاه شهیدبهشتی
۳. استادیار دانشگاه تبریز
۴. دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)

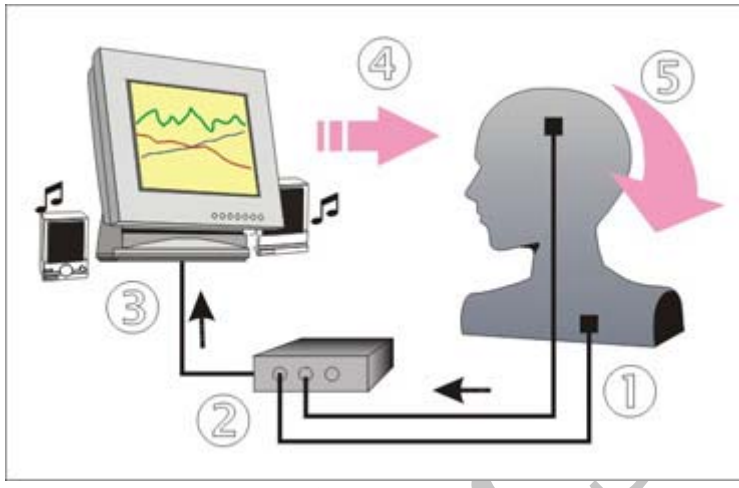
www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

عملکرد بهینه[1] همواره یکی از اهداف بشر بوده و انسان برای رسیدن به آن از روش‌های مختلفی استفاده کرده است. یکی از این روش‌ها استفاده از تمرینات بازخوردی است که می‌تواند روند آموزش و یادگیری را سرعت بخشد. به زبان ساده، بیوفیدبک (بازخورد زیستی)، اندازه‌گیری و ارائهٔ اطلاعات (پس خوراند[2]) شاخص‌های زیست‌شناسی روانی (به عنوان مثال ضربان قلب) است که می‌توان برای افزایش عملکرد از آن استفاده کرد. بازخورد زیستی به عنوان روشی کمک آموزشی از ۱۹۶۰، رشد روز افزونی داشته است (۱). در این نوع آموزش، با اتصال گیرنده‌ها به بدن، اطلاعات زیستی دربارهٔ عملکرد بدن دریافت و به فرد بازخورد داده می‌شود. بازخورد زیستی بر این نکته تأکید دارد که انسان می‌تواند به‌طور ارادی بر جسم خویش تأثیر گذارد (۲). تحقیقات مختلف نشان داده است هرچه فرد اطلاعات بیشتری از عملکرد بدن خود داشته باشد، قادر به کنترل بهتر آن خواهد بود (۱، ۲، ۳). در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که آموزش نوروفیدبک موجب بهبود برخی جنبه‌های عملکرد شناختی[3] و جسمانی[4] می‌شود (۱). نوروفیدبک یا EEG بیوفیدبک از انواع بازخورد زیستی است که افراد از طریق آن یاد می‌گیرند امواج مغزی خود را کنترل کنند (۴). معمولاً، افراد به دلیل عدم آگاهی از الگوهای امواج مغزی، قادر به تغییر آنها نیستند، اما بعد از گذشت چند هزارم ثانیه، با مشاهدهٔ این امواج بر روی صفحه کامپیوتر، به تدریج توانایی تغییر و تأثیر گذاشتن بر آنها را کسب می‌کنند (۵)؛ بنابراین می‌توان گفت نوروفیدبک همان آموزش امواج مغزی یا EEG بیوفیدبک است (۶،۵). به تعبیر لاورنس توماس[5]، نوروفیدبک شکلی از بازخورد زیستی است که فرد را قادر می‌کند فعالیت امواج مغز خود را تغییر دهد. با تکرار این شکل از بازخورد، مغز رابطهٔ بین فعالیت خود و آنچه را در صفحهٔ رایانه مشاهده می‌شود، شناسایی خواهد کرد (۷). شکل ۱ نمای شماتیکی از نحوهٔ آموزش و ابزار مورد استفاده در نوروفیدبک را نشان می‌دهد. شماره‌ها نشان دهندهٔ مسیر عبور اطلاعات است. امواج مغزی به آمپلی فایر و از آن جا به کامپیوتر منتقل می‌شود، سپس بازخوردهای مورد نظر از طریق صفحهٔ نمایشگر (بازخورد بینایی) و بلندگوها (بازخورد شنوایی) به فرد ارائه می‌شود.

1.Optimal
2. Feeding back
3. Cognitive performance
4. Physical performance
5. Lawrence Thomas

www.SID.ir



شکل۱. نمای شماتیکی از اجرای آموزش نوروفیدبک

الکترو انسفالوگرافی[1] (EEG) از ۱۹۳۰، به عنوان روش بررسی عملکرد الکتریکی مغز به‌کار گرفته شده است و بعد از رشد تکنولوژی کامپیوتر در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، دانشمندان توانستند عملکرد الکتریکی امواج مغزی را به‌صورت کمّی بررسی کنند (۸). تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که الکترو انسفالوگرام ورزشکاران ماهر در مقایسه با افراد غیرماهر، تفاوت‌های مشخصی دارد. لندرز[2] (۱۹۹۱) جزء اولین کسانی بود که به بررسی امواج مغزی و اوج اجرا در حیطه ورزش پرداخته است. او مشاهده کرد در تیر و کمان کاران زبده[3]، درست قبل از رها کردن پیکان، امواج آلفا کل نیم‌کرهٔ چپ را فرا گرفته است و در این زمان، هیچ تغییری در امواج آلفای نیم‌کرهٔ راست مشاهده نمی‌شود. پرتاب کننده‌های ماهر، بهترین اجرای خود را در بالاترین سطح توان آلفا انجام می‌دهند (۹). سالزار و همکاران[4] (۱۹۹۰) با بررسی الکترو انسفالوگرام تیر و کمان کاران ماهر نشان دادند که در طی هدف‌گیری، قبل از رها کردن پیکان، بین بهترین و بدترین پرتاب‌ها از نظر الگوی امواج مغزی نیم‌کرهٔ چپ تغییرات معنی‌داری وجود دارد (۱۰). آنها مشاهده کردند که هنگام رها سازی تیر به سمت هدف، توان آلفا در ناحیهٔ گیج‌گاهی چپ این افراد، در مقایسه با گروه کنترل بالاتر است (۱۱). هیلمن و همکاران (۲۰۰۰) نیز توان آلفا را چهار ثانیه قبل از اجرا و عدم اجرا، در تیراندازان ماهر بررسی کردند.

1 . Electroencephalography
2. Daniel Landers
3. Elite archer
4. Salzar et al

www.SID.ir

نتایج آنها نشان داد توان آلفا در نیم‌کرهٔ چپ، در مقایسه با نیم‌کرهٔ راست، در هر دو حالت افزایش معنی‌داری دارد (۱۲). لاز، کولین، و هولمز[1] (۲۰۰۱) به بررسی توان آلفا در بهترین و بدترین شلیک‌های تیراندازان ماهر با تپانچه پرداخته، مشاهده کردند توان آلفا در بهترین شلیک‌ها افزایش و در بدترین آنها کاهش می‌یابد (۱۳).

در واقع، تمامی شواهد نشان می‌دهند افزایش توان آلفا، به‌ویژه در ناحیهٔ گیج‌گاهی چپ، در تعدیل پردازش تکالیف حرکتی و تکالیف فضایی-دیداری نقش مهمی دارد. با توجه به یافته‌های مذکور می‌توان بیان کرد پردازش‌های شناختی که برای تکلیف‌هایی مانند شلیک کردن ضروری نیستند، در افراد ماهر بازداری شده تا در اجرای پاسخ مطلوب تداخل نکنند (۱۱).

با استفاده از نوروفیدبک، افراد می‌توانند فعالیت مغزی خود را کنترل کرده، عملکرد خویش را بهبود بخشند. تحقیقات کنترل شدهٔ محدودی در زمینهٔ تأثیر نوروفیدبک بر بهبود اجرای ورزشی انجام شده است (۵). یکی از این تحقیقات را لندرز و همکاران (۱۹۹۱) انجام داده‌اند. آنها به بررسی اثرات تمرین نوروفیدبک بر تیر و کمان کاران نیمه ماهر پرداختند. یک گروه تمرین نوروفیدبک واقعی و گروه دوم نوروفیدبک ساختگی[2] (برای بررسی اینکه اثرات تمرین واقعی بوده و حاصل تلقین نیست)[3] انجام دادند. گروه کنترل هیچ‌گونه آموزش نوروفیدبکی دریافت نکردند. نتایج نشان داد اجرای گروه نوروفیدبک واقعی بهبود معنی‌داری داشته است (۹). با وجود اینکه در خصوص بهبود اجرا در زمینه‌های گوناگون (از قبیل ناتوانی‌های یادگیری، ADHD، سوء مصرف مواد و اجرای هنرمندانه) مطالعات متعددی صورت گرفته است، ولی مطالعات در حوزهٔ ورزش محدود است. دربارهٔ تغییرات مثبت حاصل از نوروفیدبک در حیطه‌های حافظه، توجه و همچنین کاربردهای بالینی آن در درمان اختلالات مختلف، مقالات متعددی وجود دارد (۳، ۴، ۷، ۱۴- ۱۷). شیک و همکاران[4] (۲۰۰۸) در تکلیف تصویرسازی حرکت دست، به مدت ۱۴ جلسه از نوروفیدبک rtfMRI[5] استفاده کردند. در انتهای دوره، عملکرد ناحیهٔ مغزی مربوط به دست راست بهبود یافته بود (۱۸). لاوکا و همکاران[6] (۱۹۹۵) در یادگیری تکلیف شبیه سازی رانندگی از نوروفیدبک استفاده و مشاهده کردند فعالیت موج تتا در یادگیری افزایش یافته است و این موج در رفتارهای موفق، بیشتر از رفتارهای ناموفق

1 . Loz, Collins, Holmes
2 . Sham neurofeedback
۳. در نوروفیدبک ساختگی، بازخورد ارائه شده براساس فعالیت مغزی فرد نیست.
4 . Seung-Schik et al
5 . Real time FMRI
6 . Laukka et al

www.SID.ir

تولید می‌شود (۱۹). ریموند، ساجید[1] و همکاران به بررسی اثر ۱۰ جلسه تمرین نوروفیدبک (پروتکل آلفا-تتا) و بازخورد زیستی (ضربان قلب) در اجرای رقص پرداختند. آنها از سه گروه نوروفیدبک (n=۶) ، بازخورد زیستی (n=۴) و کنترل (n=۸) استفاده کردند و مشاهده کردند اجرای هر دو گروه بازخورد زیستی و نوروفیدبک، در مقایسه با گروه کنترل بهبود یافته است (۴). آبهی ناو باندرا[2] هندی، برندهٔ مدال طلای المپیک پکن (۲۰۰۹) در رشتهٔ تیراندازی نیز ترکیبی از بیوفیدبک و نوروفیدبک را به همراه تمرینات تیراندازی دریافت کرد. وی تمرینات خود را از آلفا در ناحیهٔ گیج‌گاهی چپ (T3) آغاز و با ۸۰ ساعت آموزش نوروفیدبک پایان داد. او بیان کرد که آموزش نوروفیدبک (پروتکل آلفا) احساس خوبی به وی می‌داده و مجموعهٔ این آموزش‌ها و تمرینات، کسب مدال طلای المپیک را برای وی به دنبال داشت (۲۰).

در واقع، بازخورد زیستی نوعی فرآیند یادگیری (شامل یادگیری فرآیندهای فیزیولوژیک و مهارت‌های روانی) است که درآن، فرد با دریافت اطلاعات شنیداری و بینایی می تواند عملکرد خود را کنترل کرده، تغییر دهد. نوروفیدبک (دریافت اطلاعات از وضعیت الکتروآنسفالوگرام) فرآیند پیچیده‌ای نیست و هرکسی می‌تواند خودتنظیمی[3] را فراگرفته، از آن به نحو مطلوب برای بهبود عملکرد خویش استفاده کند؛ بنابراین نوروفیدبک تنها متعلق به افراد زبده نیست و همه می‌توانند برای یادگیری و بهبود اجرا یا درمان از آن استفاده کنند.

سؤالی که همواره مطرح می شود این است که آیا بهبود عملکرد تحت این شرایط، حاصل تلقین و کسب اعتماد به نفس ناشی از اثرات پلاسیبویی فرآیند نوروفیدبک است یا آموزش واقعی فعالیت امواج مغزی است که به بهبود عملکرد فرد منجر می‌شود. نکتهٔ دیگر اینکه اگر اثر آموزش‌های نوروفیدبک واقعی است با کدام پروتکل‌های آموزشی و در کدام نواحی جمجمه می‌توان بهترین نتیجه را گرفت. آیا آموزش‌هایی که در این زمینه برای افراد ماهر به‌کار گرفته می‌شود، می‌تواند پاسخ‌گوی نیازهای افراد مبتدی نیز باشد؟ با توجه به نوپا بودن دیدگاه نوروفیدبک و روش‌های مختلف به‌کار گرفته شده در تحقیقات اندکی که تا کنون انجام شده، همچنان چالش‌ها و بحث‌های علمی فراوانی وجود دارد. تحقیقات بسیاری مورد نیاز است تا با بررسی عوامل گوناگون، کنترل دقیق شرایط و اجرای پروتکل‌های مختلف، بتوان اثرات شناختی و رفتاری واقعی نوروفیدبک را از موارد دیگر جدا کرد و پروتکل‌های مؤثر بر بهبود اجرا را مشخص نمود. این مهم، دریچه‌ای به روی تحقیقات و بررسی‌های دیگر خواهد گشود.

---

1. Raymond & sajid
2. Abhinave Bindra
3. Self-regulation

www.SID.ir

روش شناسی پژوهش

روش تحقیق از نوع آزمایشی، با پیش‌آزمون و پس‌آزمون، به همراه گروه کنترل است که اثر روش آموزشی نوروفیدبک را بر اجرای تکلیف تیر و کمان ارزیابی می‌کند. فرآیند اندازه‌گیری متغیر وابسته (رکورد تیر و کمان)، مستقل از حضور و دخالت محقق بود و توسط مربی صورت گرفت؛ بنابراین با توجه به اینکه مربی و همچنین شرکت کنندگان از دسته‌بندی و جایگزینی افراد در گروه‌های مختلف (نوروفیدبک واقعی یا ساختگی) اطلاعی نداشتند، طرح حاضر از نوع دوسوکور[1] است.

شرکت‌کنندگان

شرکت کنندگان ۴۵ دانشجوی دختر راست دست ۱۸ تا ۲۵ ساله بودند که به شیوهٔ دردسترس انتخاب و به‌طور تصادفی در سه گروه جای گرفتند. برای ایجاد انگیزه، به دانشجویان شرکت کننده نمره‌ای تعلق گرفت. در جلسهٔ هماهنگی، بعد از ارائهٔ اطلاعات لازم به علاقه‌مندان شرکت در تحقیق، افراد راست دستی انتخاب شدند که هیچ‌گونه بیماری جسمانی و روانی از قبیل جراحی در جمجمه، سرگیجه، سردردهای مزمن یا سابقهٔ صرع نداشتند. هیچ‌کدام از این افراد با تمرینات تیر و کمان و نوروفیدبک آشنایی نداشتند و از آنها خواسته شد در طول دورهٔ تحقیق در هیچ فعالیت ورزشی دیگری شرکت نکنند.

پس از آگاهی نمونه‌ها از هدف کلی تحقیق و مفاهیم نوروفیدبک از آنان خواسته شد تا به‌منظور آشنایی با اصول کلی این ورزش (نحوهٔ ایستادن، گرفتن کمان، قرار دادن تیر در کمان، گرفتن، کشیدن و رهاسازی زه)، دو جلسه در کلاس‌های آموزشی تیر و کمان شرکت کنند. پس از این دو جلسه، افراد شرکت کننده رضایت‌نامه و پرسشنامهٔ فردی شرکت در تحقیق را تکمیل و به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری تقسیم شدند.

ابزار و وسایل پژوهش

به‌منظور انجام تمرینات تیر و کمان از کمان‌های ریکرو[2] سورپرایز[3]، تیرهای اسپاستایل[4] و سیبل‌های ساخت ایران با مارک آرش[5]، با اندازه و معیارهای استاندارد جهانی استفاده شد. برای

1. Double-blind
2. recurve
3. Surprise
4. spstyle
5. Arash

www.SID.ir

نوروفیدبک، از دستگاه نوروفیدبک با سخت‌افزار پروکامپ۲[1] و نرم‌افزار بیوگراف[2] (هردو ساخت کانادا) استفاده شد. جمع‌آوری داده‌ها در آزمایشگاه نوروساینس دانشگاه تبریز صورت گرفت.

روش اجرا

برای بررسی عملکرد اولیهٔ افراد، از هر سه گروه پیش‌آزمون (مانند مسابقات رسمی تیر و کمان) از ۳۰ پرتاب محاسبه شد. پس از قلق کردن (آماده سازی)کمان، افراد در فاصلهٔ مشخصی از سیبل می‌ایستادند و پس از اعلام داور، در یک راند دو دقیقه‌ای، سه تیر پرتاب می‌کردند. کل ۳۰ پرتاپ در ده راند در حداکثر زمان ۲۰ دقیقه اجرا شد.

برای بررسی عملکرد نهایی افراد پس از اتمام دورهٔ آموزش (۲۰ جلسه تیر و کمان و ۲۰ جلسه نوروفیدبک)، در جلسه پایانی، مانند پیش‌آزمون از الگوی مسابقات رسمی تیر و کمان، یعنی رکورد افراد از ۳۰ پرتاب محاسبه شد.

فرآیند تمرینی

با توجه به هماهنگی انجام شده با مربی تیر و کمان، تمامی شرکت کنندگان در هر سه گروه، سه جلسه در هفته به مدت ۲۰ جلسه، تحت تمرین تیر و کمان قرار گرفتند. تمرین‌های این جلسات از اصول آموزش فدراسیون بین المللی تیر و کمان (FITA)[3] پیروی می‌کرد و برای هر سه گروه به‌طور یکسان ارائه شد.

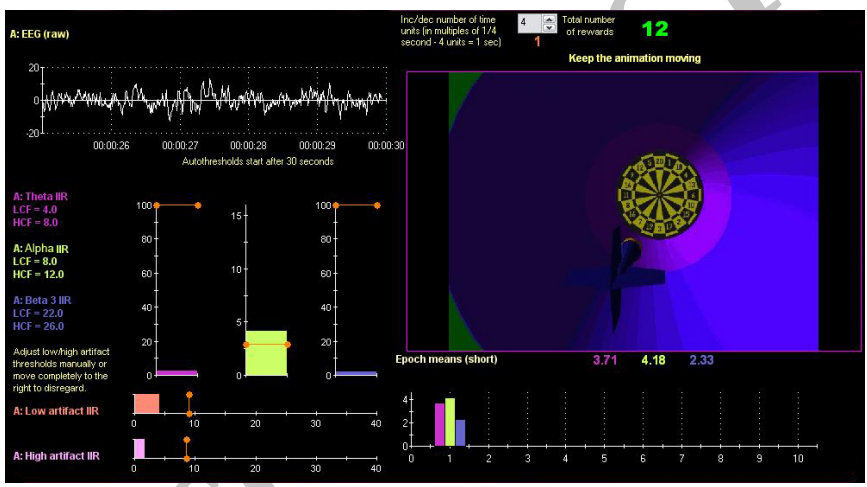
در جلسات نوروفیدبک، فرد بر روی صندلی راحت و در اتاقی ساکت می‌نشست و آزمونگر، لالهٔ هر دو گوش و نواحی T_3 (گیج‌گاهی چپ) و ناحیهٔ P_Z (آهیانه مرکزی) فرد با الکل سفید و ژل نیوپرپ[4] وی را آماده می‌کرد. با استفاده از چسب تن-بیست[5]، الکترود رفرنس (الکترود زرد رنگ) به گوش چپ و الکترود گراند (الکترود سیاه) به گوش راست متصل می‌شد. آموزش نوروفیدبک برای گروه نوروفیدبک واقعی، با توجه به تحقیقات مختلف در زمینهٔ به‌کارگیری نروفیدبک در ورزش و اوج اجرا متشکل از دو پروتکل بود:

با توجه به تحقیق لندرز و همکاران (۱۹۹۱)، سالزار و همکاران (۱۹۹۰)، هیلمن (۲۰۰۰) و دیگر تحقیقاتی که به تأثیر افزایش توان آلفا، به‌ویژه در ناحیه گیج‌گاهی چپ اشاره کرده اند، ۱۰ دقیقهٔ

1 . Procomp2
2 . biograph
3 . FEDERATION INTERNATIONALE DE TIR A L'ARC (international archery federation)
4 . Nuprep
5 . TEN20

www.SID.ir

اول آموزش به افزایش و تقویت موج آلفا در ناحیه T_3 اختصاص یافت. در واقع، الکترود اکتیو (آبی رنگ) به این ناحیه متصل شد. در این پژوهش دو نوع بازخورد دیداری و شنیداری، به‌طور همزمان ارایه شده است. بازخورد دیداری حرکت یک تیر دارت و رسیدن به هدف و بازخورد شنوایی صدای حرکت تیر و صدای زنگ، براساس میزان موفقیت فرد در کنترل موج آلفای بالاتر از سطح آستانه را شامل می‌شد. اثرات تصنعی[1] توسط رایانه کنترل شد و درصورت افزایش اثرات تصنعی از حد آستانهٔ مجاز که آزمونگر تعیین کرده بود، ارائهٔ بازخوردهای دیداری و شنوایی قطع می‌شد و تا زمان رفع آنها، سیستم از ارائهٔ بازخورد جلوگیری می‌کرد. شکل ۲ تصویر صفحهٔ نمایشگر کامپیوتر را در حین اجرای این پروتکل نشان می‌دهد.



شکل۲. تصویر صفحهٔ نمایشگر کامپیوتر در حین اجرای پروتکل افزایش آلفا

۲۰ دقیقهٔ بعدی آموزش به پروتکل آلفا-تتا در ناحیه Pz اختصاص داشت. هدف این پروتکل ایجاد وضعیت آرمیدگی عمیق هوشیارانه بود. در این پروتکل، بازخورد به‌صورت صوتی (صدای موج اقیانوس و رودخانه) ارائه شد. فرد با چشمان بسته در حالت آرامش کامل، اما هوشیار روی صندلی می‌نشست و به اصوات گوش می داد. آنچه در این پروتکل اتفاق می‌افتد مواجههٔ فرد با افکار عمیق در حالت آرامش، کاهش و رفع تنش‌ها و عوارض نامطلوب تجارب گذشته و کاهش اضطراب است. این پروتکل دست‌کم ۲۰ دقیقه طول می‌کشد (۳، ۴، ۱۷، ۱۸، ۲۱).

در گروه نوروفیدبک ساختگی، برای جلوگیری از آگاهی افراد از نحوهٔ گروه‌بندی، شرایط اجرای کار از قبیل آماده سازی پوست و چسباندن الکترودها، مانند گروه نوروفیدبک واقعی انجام

1. artifacts

www.SID.ir

می‌شد. تنها تفاوت بین این دو گروه در ارائهٔ بازخورد بود. برای این گروه، بازخوردهای ارائه شده، چه شنیداری و چه دیداری، براساس الکتروآنسفالوگرام فرد نبود. در واقع، افراد در پروتکل افزایش آلفا شاهد حرکت تیر و صدای حرکت آن بودند و در پروتکل آلفا-تتا تغییر صدای رودخانه به صدای امواج اقیانوس و بالعکس را نیز می‌شنیدند، اما این بازخوردها هیچ ارتباطی با ویژگی‌های الکتروآنسفالوگرام آنها نداشت.

روش آماری

پس از توصیف اطلاعات، شامل میانگین و انحراف معیار، برای بررسی تفاوت میانگین رکورد گروه‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون از تحلیل واریانس یک‌طرفه[1]، برای آزمون فرضیهٔ اثر نوروفیدبک بر عملکرد تیر و کمان کاران از تحلیل کوواریانس[2] و برای آزمون تعقیبی از آزمون بونفرونی[3] استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار spss (نسخه ۱۷) انجام شد.

نتایج

در طول دورهٔ تحقیق، چهار نفر از گروه نوروفیدبک واقعی، پنج نفر از گروه نوروفیدبک ساختگی و شش نفر از گروه کنترل، به دلایل شخصی از ادامهٔ شرکت در تحقیق انصراف دادند. اطلاعات توصیفی مربوط به ویژگی‌ها و نتایج رکوردهای هر سه گروه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات توصیفی و نتایج رکوردهای گروه‌های مورد مطالعه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه‌ها	تعداد	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
		حداقل امتیاز	حداکثر امتیاز	میانگین و انحراف استاندارد	حداقل امتیاز	حداکثر امتیاز	میانگین و انحراف استاندارد
نوروفیدبک واقعی	۱۱	۳	۱۲۹	۵۷.۳۶±۴۲.۱۶۷	۱۰۲	۲۱۲	۱۴۷.۵۵±۳۶.۳
نوروفیدبک ساختگی	۱۰	۲۴	۱۶۲	۱۰۰.۲۰±۴۵.۰۳۸	۴۲	۲۱۴	۱۲۰.۶±۵۳.۵۵
کنترل	۹	۱۲	۲۲۲	۸۳.۰۰±۷۳.۱۰۱	۲۶	۱۴۰	۸۹.۷۸±۳۴.۵۳
کل گروه‌ها	۳۰	۳	۲۲۲	۷۹.۳۳±۵۵.۲۶۴	۲۶	۲۱۴	۱۲۱.۲۳±۴۷.۳

1. One way analysis of variance
2. ANCOVA
3. Bonferroni

www.SID.ir

میانگین سنی گروه نوروفیدبک واقعی ۱/۳±۲۱/۳، گروه نوروفیدبک ساختگی ۱/۴±۲۲ و گروه کنترل ۱/۸±۲۱/۸ بود. به‌منظور بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین رکوردهای گروه‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد که جدول۲ خلاصه‌ای آن را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتیجهٔ تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسهٔ میانگین رکوردهای گروه‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون

	مجموع مجذورات	درجات آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری
بین گروهی	۹۷۸۴.۵۲	۲	۴۸۹۲.۲۶	۱.۶۷۷	۰.۲
درون گروهی	۷۸۷۸۶.۲۷	۲۷	۲۹۱۸.۰۰		
کل	۸۸۵۷۰.۶۶	۲۹			

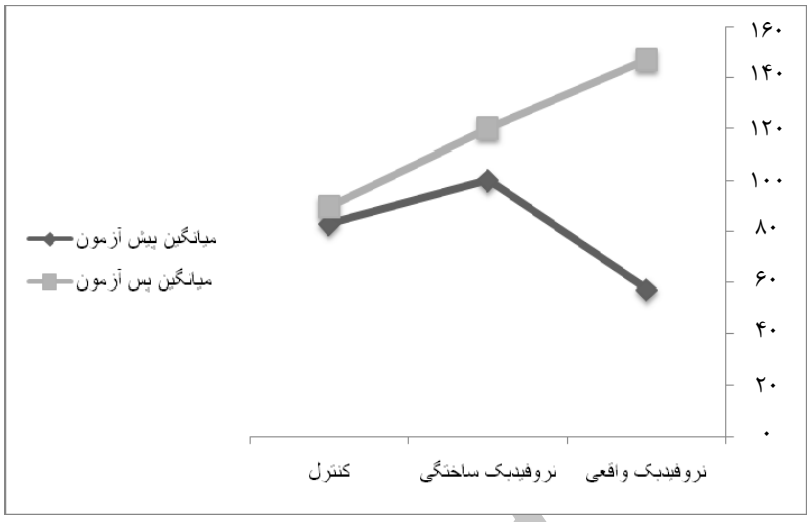
همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، در مرحلهٔ پیش‌آزمون بین میانگین رکورد گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p>0.05$). سپس، به‌منظور بررسی اثر مداخلهٔ نوروفیدبک بر یادگیری تیر و کمان از تحلیل کوواریانس استفاده شد. برای استفاده از این روش، ابتدا باید مفروضهٔ همگنی شیب‌ها و واریانس گروه‌ها بررسی شود. نتیجهٔ آزمون لون[1] نیز حاکی از همگنی واریانس‌هاست ($F=1.55$ ،$p>0.05$). پس از حصول اطمینان از مفروضهٔ همگنی شیب‌ها و واریانس گروه‌ها، اثر مداخلهٔ نوروفیدبک بر متغیر وابسته پژوهش بررسی شد. جدول۴ نشان دهندهٔ اثر عامل مداخله و بروز تغییرات معنی‌دار در نتایج پس‌آزمون، با توجه به رکوردهای پیش‌آزمون است ($F=6.32$ ، $p<0.05$). در نمودار ۱ رکوردهای پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان داده شده است.

جدول ۴. خلاصهٔ نتیجهٔ تحلیل کوواریانس

متغیرها	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجات آزادی	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
گروه	۲۰۴۵۲.۵۶	۱۰۲۲۶.۲۸	۲	۶.۳۲	۰.۰۰۶	۰.۳۳
پیش‌آزمون	۶۵۰۶.۱۹	۶۵۰۶.۱۹	۱	۴.۰۲۵	۰.۰۵۵	۰.۱۳۴
خطا	۴۲۰۲۸.۵	۱۶۱۶.۴۹	۲۶			

1. Levene,s test

www.SID.ir



نمودار۱. میانگین رکوردهای هر سه گروه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

برای مقایسهٔ دو به دو گروه‌ها و تعیین تفاوت معنی‌دار بین آنها از آزمون بونفرونی استفاده شد. خلاصهٔ این اطلاعات در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۵. مقایسهٔ دو به دو گروه‌ها بر اساس آزمون بونفرونی

مقایسهٔ گروه‌ها	تفاوت میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
واقعی با ساختگی	۳۹.۲۵	۱۸.۶	۰.۰۴۵
واقعی با کنترل	۶۵.۱۳	۱۸.۴۴	۰.۰۰۲
ساختگی با کنترل	۲۵.۸۸	۱۸.۶۴	۰.۱۷۷

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت بین میانگین گروه واقعی با گروه ساختگی و همچنین گروه واقعی با گروه کنترل در پس‌آزمون معنی دار است، اما بین میانگین گروه کنترل و ساختگی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به افزایش قابل توجه میانگین رکورد گروه نوروفیدبک واقعی در مقایسه با سایر گروه‌ها (نگاه کنید به نمودار۱) می‌توان نتیجه گرفت که مداخلهٔ نوروفیدبک می‌تواند فرآیند یادگیری را بهبود بخشد و این یافته که بین گروه کنترل و گروه نوروفیدبک ساختگی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، تأیید کنندهٔ این مطلب است که بهبود عملکرد، حاصل اثر واقعی مداخلهٔ نوروفیدبک است و به دلیل اثرات تلقین و پلاسیبو نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر آموزش نوروفیدبک بر عملکرد تیر و کمان کاران مبتدی

www.SID.ir

است. نتایج پژوهش نشان داد بین میانگین رکوردهای گروه نوروفیدبک واقعی با گروه نوروفیدبک ساختگی و گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این یافته، نشان دهندهٔ تأثیر آموزش نوروفیدبک بر بهبود عملکرد تیر و کمان کاران مبتدی و افزایش رکوردهای آنان است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، انتقادهای روش شناختی متعددی بر یافته‌های حاصل از مطالعات نوروفیدبک مطرح شده است که پرداختن به برخی از آنها می‌تواند از امتیازهای پژوهش حاضر باشد (۱، ۲، ۵، ۲۱). اولین نکتهٔ بارز این طرح، دوسوکور بودن آن است. اندازه‌گیری متغیر وابسته (رکورد تیر و کمان) توسط یک مربی مجرب و مستقل از فرآیند پژوهش صورت گرفته است. در مراحل آموزش و تمرین تیر و کمان نیز هیچ‌گونه اطلاعاتی دربارهٔ گروه‌بندی آموزش نوروفیدبک شرکت کنندگان (دسته‌بندی گروه‌های واقعی و ساختگی) به شرکت کنندگان و مربی تیر و کمان ارائه نشد تا در مراحل پژوهش از ارائهٔ هرگونه بازخورد نامناسب و سوگیری احتمالی یا بی‌انگیزگی افراد جلوگیری شود. نکتهٔ دوم، حضور گروه ساختگی است. این گروه متمایز کنندهٔ اثرات پلاسیبو و تلقینی است که ممکن است در نتیجهٔ ارائهٔ نوروفیدبک به فرد القا شود. از نقاط قوت دیگر طرح، وجود گروه کنترل است که در اغلب مطالعات قبلی از این گروه گواه کمتر استفاده شده است.

تحقیق حاضر همسو و به‌دنبال بررسی‌های لندرز و همکاران (۱۹۹۱) است. آنان در مطالعهٔ خود عملکرد تیر و کمان کاران نیمه ماهر را پس از آموزش نوروفیدبک (افزایش آلفا) در نواحی گیج‌گاهی چپ یا در نواحی گیج‌گاهی راست بررسی کردند. با بررسی نتایج مشاهده شد افرادی که در نواحی گیج‌گاهی چپ آموزش نوروفیدبک دریافت کردند، اجرای عملکرد آنها بهبود معنی‌داری داشت، ولی آموزش نوروفیدبک در نواحی گیج‌گاهی راست، به‌طور معنی‌داری موجب ضعیف‌تر شدن عملکرد افراد می‌شود. در اجرای گروه کنترل نیز هیچ تغییری مشاهده نشد. بر این اساس، محققان از آموزش نوروفیدبک، به عنوان تکنیک بهبود دهندهٔ اجرا در تیر و کمان کاران نیمه ماهر حمایت کردند و بیان داشتند که استفاده از پروتکل صحیح در محل مناسب می‌تواند بهبود اجرای افراد را به دنبال داشته باشد. در مقابل، در صورت انتخاب اشتباه، پیامد منفی به بار آورده و این اثرات منفی بر اجرا اجتناب ناپذیر خواهند بود. (۹). همچنین ریموند و همکاران (۲۰۰۵) اثر نوروفیدبک (پروتکل آلفا-تتا) و بازخورد زیستی (ضربان قلب) را در حضور گروه کنترل، بر بهبود اجرای هنری (اجرای رقص) مقایسه کردند. نتایج نشان داد پس از دورهٔ آموزشی در هر سه گروه (گروه نوروفیدبک، گروه بازخورد زیستی و گروه کنترل)، اجرای رقص بهبود یافت، اما نکتهٔ قابل توجه این است که چنانچه تفاوت‌های اجرای رقص به تعداد جلسات تمرین تقسیم می‌شد، بهبود در اجرا تنها در دو گروه نوروفیدبک و بازخورد زیستی چشمگیر و

www.SID.ir

معنی‌دار بود (۴). این مطالب تأییدی بر تحقیق حاضر است. در تحقیق حاضر، در گروه کنترل تنها با تمرین‌های جسمانی (بدون حضور بازخورد) بهبودی مشاهده نشد در صورتی که با استفاده از فرآیند کمک آموزشی نوروفیدبک، بهبود اجرا در گروه واقعی مشاهده شد، ولی در دو گروه دیگر (کنترل و ساختگی) چنین بهبودی مشاهده نشد.

ادعایی که در تحقیقات نوروفیدبک مطرح بوده و به حیطهٔ فیزیولوژی روانی ورزشی نیز رسوخ کرده این است که نوروفیدبک سبب ایجاد تغییرات در EEG و آسیمتری نیم‌کره‌ای[1] در EEG فرد، قبل از اجرای یک مهارت می‌شود که در نهایت، این تغییرات در EEG است که تغییرات رفتاری را در فرد ایجاد می‌کند (۱). در برخی تحقیقات مربوط به تغییرات EEG (۱، ۹، ۱۰) افزایش معنی‌داری در فعالیت آلفای نیم‌کرهٔ چپ در طی آماده سازی شلیک، ضربه یا پرتاب مشاهده شده است. محققان، این افزایش معنی‌دار توان آلفا را در نواحی گیج‌گاهی چپ، در طی دوره آماده سازی[2] (قبل از اجرای تکلیف)، نشانهٔ کاهش فعالیت کورتیکال می‌دانند. کاهش فعالیت در نیم‌کرهٔ چپ نیز نشان دهندهٔ کاهش بیان کلامی[3] مغز چپ است و در نتیجهٔ این فرآیند، نیم‌کرهٔ راست بر فرآیند پردازش فضایی-دیداری تسلط بیشتری خواهد داشت (۱۰،۴،۱). از سوی دیگر، افراد مبتدی برای یکپارچه کردن محرک‌های مربوط به تکلیف، به تلاش ذهنی زیادی نیازمندند تا بتوانند برون‌داد حرکتی را تولید کنند. افزایش توان مطلق آلفا بعد از یادگیری حرکت، به عنوان کاهش فعالیت نورونی در نواحی مرتبط تفسیر شده که در نهایت، این فرآیندها اجرای بهتر حرکت را به دنبال خواهند داشت (۲۲). بر مبنای این یافته‌ها بود که در پژوهش حاضر برای آموزش نوروفیدبک، از پروتکل افزایش توان آلفای لوب گیج‌گاهی چپ استفاده شد و نتایج تحقیق حاکی از تأثیر معنی‌دار این پروتکل در بهبود عملکرد تیر و کمان کاران مبتدی است. این یافته ضمن همسو بودن با یافته‌های مطالعات مربوط به حیطهٔ فیزیولوژی روانی ورزشی و نوروفیدبک، نقش توان آلفای لوب گیج‌گاهی نیم‌کرهٔ چپ را در این حوزه تأیید می‌کند. همچنین تحقیقات مختلف در زمینهٔ بهبود اجرا، تمایل زیادی به استفاده از پروتکل آلفا/تتا داشته‌اند و نتایج آنها اغلب، پیشرفت قابل توجه اجرای گروه واقعی، در مقایسه با دیگر گروه‌ها را نشان داده است (۳، ۴، ۶).

---

1. Hemispheric asymmetry

آسیمتری به معنی نامتقارنی است و آسیمتری نیم‌کره‌ای به معنی تفاوت فعالیت الکتریکی نقاط در نیمهٔ راست و چپ می‌باشد.

2. Preparing period

3. verbalisation

www.SID.ir

نکتهٔ در اینجا حائز اهمیت این است که در حیطهٔ آموزش تیر و کمان، تمامی مربیان و مدرسان این رشته اعتقاد دارند که در سه ماههٔ اول آموزش، پیشرفت چشمگیری در اجرای فرد ایجاد نخواهد شد و پس از سپری شدن این دوره است که می‌توان پیشرفت تدریجی را ملاحظه کرد. آنچه در این تحقیق، در دو گروه کنترل و ساختگی مشاهده شد نیز بیان کنندهٔ همین مطلب است. در این دو گروه تفاوت معنی‌داری بین نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون رکوردها ایجاد نشد که نشان دهندهٔ عدم ایجاد تغییر و به عبارت دیگر، عدم بهبود اجرای آنها در مدت دو ماه تمرین است. این درحالی است که بین نتایج رکوردهای گروه نوروفیدبک واقعی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری مشاده می‌شود. در واقع، این نتایج نشان می‌دهد با ارائهٔ آموزش نوروفیدبک می‌توان مدت زمان آموزش را کوتاه‌تر کرد و فرد را سریع‌تر به مراحل بالاتر یادگیری رساند.

نکتهٔ مهم دیگری که در ارائهٔ آموزش نوروفیدبک باید مدنظر قرار گیرد این است که تحقیقات روی الگوی فعالیت مغزی افراد نشان می‌دهد این الگوها در افراد مختلف متفاوت است و رشته-های ورزشی به الگوهای متفاوت فعالیت مغزی نیاز دارند. به عنوان مثال، لوز و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند درست قبل از شلیک تپانچه، توان آلفا در ناحیهٔ بینایی لوب پس سری افراد زبده افزایش می‌یابد (۱۳). سالزار و همکاران (۱۹۹۰) افزایش توان آلفا رادر نیم‌کره چپ، قبل از پرتاب تیر و کمان کاران مشاهده کردند (۱۰). بایلی[1] و همکاران (۲۰۰۸) نیز دریافتند در طی خستگی پس از فعالیت روی دوچرخهٔ کارسنج، توان باندهای آلفا، تتا و بتا به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این تغییر الگوی فعالیت EEG فراگیر است و به ناحیه یا نیم‌کرهٔ خاصی محدود نمی‌شود (۲۳). این درحالی است که دومینیگو[2] وهمکاران (۲۰۰۸) در تکلیف شلیک تپانچه، کاهش توان آلفا را در ناحیهٔ پیشانی گزارش کرده‌اند (۲۲). در نهایت، بابیلونی[3] و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که ضربات موفق گلف، در مقایسه با ضربات ناموفق، در ناحیهٔ پیشانی میانی[4] (ناحیه پیش حرکتی[5]) و نواحی مربوط به دست و بازو در ناحیه حسی- حرکتی اولیه در نیم‌کرهٔ غیربرتر[6] توان آلفای کمتری ایجاد می‌کند. تمامی این یافته‌ها بر این مطلب دلالت دارند که الگوی فعالیت الکتریکی مغز پیچیده است و احتمالاً به تکالیف ویژه‌ای که باید

1. Bailey S.P.
2. Domingues
3. Babiloni
4. Frontal midline
5. Premotor cortex
6. Non-dominant

www.SID.ir

انجام شوند بستگی دارد (۲۴). این پیچیدگی و پویایی عصبی موجب شده تا کنون، الگوی مشخصی برای اجرای این فرآیندها یافت نشود. نتایج پژوهش حاضر مؤثر بودن آموزش افزایش آلفا در ناحیهٔ گیج‌گاهی چپ و پروتکل آلفا/تتا در ناحیهٔ مرکزی آهیانه را در ورزش تیر و کمان نشان داد. از آنجا که این قبیل تغییرات EEG برای رشته‌های مختلف ورزشی متفاوت‌اند و ثابت نیستند؛ پیشنهاد می‌شود بررسی‌های نظام‌مند بیشتری در زمینهٔ طراحی پروتکل‌های آموزشی نوروفیدبک انجام شود، به‌ویژه اینکه دربارهٔ تأثیر آموزش نوروفیدبک بر رشته‌های ورزشی، چه در سطح قهرمانی و چه در سطح آموزشی (مبتدی)، تحقیقات انگشت شماری وجود دارد.

با وجود آسان‌تر بودن دست‌کاری مستقیم بخشی از طیف‌های فرکانس برای بهبود اجرای ورزشکاران، می‌توان اثرات این دست‌کاری‌ها (بازداری یا تقویت جزئی از فرکانس یا همهٔ اجزای آن در نواحی مختلف مغز از طریق آموزش نوروفیدبک) را بر روی EEG و به تبع آن، عملکرد فرد را در رشته های ورزشی مختلف مقایسه نمود؛ بنابراین باید تحقیقات تجربی بیشتری انجام شود تا به نحوی مستدل مشخص گردد که آیا نوروفیدبک عملکرد را (چه در سطح شناختی و چه در سطح جسمانی) می‌تواند بهبود دهد. نکتهٔ آخر اینکه بررسی تغییرات EEG قبل و بعد از پروتکل آموزشی، به عنوان شاخص اثر نوروفیدبک برای تحقیقات بعدی پیشنهاد می شود؛ زیرا وجود چنین ارزیابی‌هایی تغییرات رفتاری را با توجه به تغییرات EEG مشخص می‌کند.

براساس نتایج تحقیق حاضر و با توجه به پیشرفت روزافزون فناوری و در دسترس بودن ابزار و نرم‌افزارهای آموزش نوروفیدبک، می‌توان به مربیان و دست‌اندرکاران آموزش مهارت‌های ورزشی توصیه کرد که برای تسهیل آموزش این مهارت‌ها از نوروفیدبک استفاده کنند.

منابع:

1. Vernon D.J.(2005),can neurofeedback training enhance performance? An evaluation of evidence with implications for future research. Applied Psychophysiology and biofeedback journal, vol.30 (4). 347-364.
2. Demos J.N. (2005), Getting started with neurofeedback. w.w.Norton & Company, New York, London.
3. Raymond, J. Varney, C. Parkinson, L.A. Gruzelier, J. (2005), The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood. Cognitive brain research. 23 2-3 287-292.
4. Raymond, Joshua. Sajid, Imran. Parkinson, Lesley A. Gruzelier, John H. (2005), Biofeedback and Dance Performance: A Preliminary Investigation. Applied Psychophysiology and Biofeedback, Vol. 30, No. 1.
5. Hammond, D.C. (2006), What is neurofeedback? J of neurotherapy. 10 (4). 25-36.

Archive of SID

www.SID.ir

6. Hammond, D.C. (2005), Neurofeedback with anxiety and affective disorders. Child adolesc psychiatric clin. 14. 105-123.
7. Thomas L.J. (2002), Neurofeedback and your brain: a beginner's manual. facult, NYU medical center & brain research lab, new York.
8. Kramer Daniel. (2007), Predictions of Performance by EEG and Skin Conductance. Indiana Undergraduate Journal of Cognitive Science 2. 3-13.
9. Landers DM, Petruzzello SJ, Salazar W, Crews DJ, Kubitz KA, Gannon TL, Han M(1991),The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. Med Sci Sports Exerc. Jan. 23(1):123-9.
10. Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., & Han, M. (1990), Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. Research Quarterly in Exercise & Sport, 61(4), 351-359.
11. Scott E. Kerick, Kaleb McDowell, Tsung-Min Hung, D. Laine Santa Maria. Thomas W. Spalding and Bradley D. Hatfield. (2001), The role of the left temporal region under the cognitive motor demands of shooting in skilled marksmen. Biological Psychology. Volume 58, Issue 3. 263-277.
12. Hillman Charles. Apparies, Ross J. Janelle Christopher M. Hatfield Bradley D. (2000), An electrocortical comparison of executed and rejected shots in skilled marksmen. Biological Psychology 5271-83.
13. Loze G.M. Collins D. Holmes P.S. (2001), Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: A comparison of best and worst shots. Journal of sports sciences, volume 19, number 9. 727-733.
14. Becerra. J., Fernandez. T., Harmony. T., Caballero. MI., Garcia. F., Fernandez. A., Santiago-Rodriguez. E., Prado-Alcala. R.A. (2006). Follow-up study of learning-disabled children treated with neurofeedback or placebo. Clinical EEG neuroscience. 37(3), 198-203.
15. kuijzer M. E.J. Moor J.M. Gerrits B. L. Congedo M. Van schie H. (2008). Neurofeedback improves executive functioning in children with autism spectrum disorders. Research in autism spectrum disorders. Vol 3. Issue 1. 145-162.
16. White N. (2008). The transformational power of the Peniston protocol: a trapist's esperiences. Journal of neurothrapy, volume 12. Issue 4 261-265.
17. Egner T, Gruzelier J.H. (2004). EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specifies effects on variables of attention and event-related brain potentials. Clinical neurophysiology. Vol 115, issue 1. 131-139.
18. Schik S.Y, Jong-Hwan Lee, Heather O'Leary, Lawrence P. Panych, Ferenc A. Jolesz.(2008), Neurofeedback fMRI-mediated learning and consolidation of regional brain activation during motor imagery. International Journal of Imaging Systems and Technology. Volume 18 Issue 1, Pages 69 – 78.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Laukka. Seppo J. Timo Järvilehto, Yuri I. Alexandrov and Juhani Lindqvist. (1995), Frontal midline theta related to learning in a simulated driving task. Biological Psychology. Volume 40, Issue 3, June, Pages 313-320.

20. Harkness.T. (2009). psykinetics and biofeedback: Abhinav Bindra wins Indians first-Eve individual Gold Medal in Beijing olmpics. Cape Town. South Africa. 115(11). 2452-2460.

21. Gruzelier, J. Tobias,E. (2005), critical validation studies of neurofeedback. Child adolesc psychiatric clin. 14. 83-104.

22. Domigues, C.A. Machado, S. Cavaleiro, E.G. Furtado, V. Cagy, M. Ribiro, P. piedade, R. (2008), Alpha absolute power, motor learning of practical pistol shooting. Arq neuropsiquiatr 66(2-B): 336-340.

23. Bailey, S. Hall, E. Folger, S. Miller, P. (2008), Change in EEG during graded exercise on a recumbent cycle ergometer. Journal of sports science and medicine 7, 505-511.

24. Babiloni, C.Del percio, C. Lacoboni, M, Infarinato, F. Lizio, R. Marzano, N. Crespi, G. et al. (2008), Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhytms. Journal of physiology (586.1) 131-139.

Archive of SID

www.SID.ir