رفتار حرکتی شماره ۳۴، زمستان ۱۳۹۷، صص ۱۰۴-۹۱

رابطهٔ بین سطح هدایت الکتریکی پوست و آهستگی بعد از خطا حین اجرای تکلیف شناختی در داوران فوتبال

محمدرضا قاسمیان‌مقدم[۱]، مهناز عاشق طوسی[۲]

۱. استادیار رفتار حرکتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران*
۲. کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین رابطهٔ بین سطح هدایت الکتریکی پوست به‌عنوان شاخص انگیختگی و آهستگی بعد از خطا به‌عنوان شاخص نظارت بر عملکرد، در داوران فوتبال انجام شد. تعداد ۴۳ داور بین سنین ۲۰ تا ۳۰ سال در این پژوهش شرکت کردند. سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه و در حالت اجرای تکلیف سیمون ارزیابی شد. سپس، ویژگی‌های دقت عملکرد، زمان واکنش در پاسخ‌های صحیح، زمان واکنش در پاسخ‌های بعد از خطا و تفاضل زمان واکنش کوشش‌های بعد از خطا نسبت به کوشش‌های بعد از صحیح (آهستگی بعد از خطا)، به‌عنوان شاخص واکنش به خطا بررسی شدند. نتایج نشان داد که بین سطح هدایت الکتریکی، درصد پاسخ‌های صحیح و میانگین زمان واکنش رابطهٔ معناداری مشاهده نشد. همچنین، رابطهٔ معناداری بین سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه با زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا و آهستگی بعد از خطا مشاهده شد. این نتایج حاکی از وجود تفاوت‌های فردی در نظارت بر عملکرد است و براین‌اساس، واکنش داوران فوتبال به خطا از روی مقادیر سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه قابل‌پیش‌بینی است.

واژگان کلیدی: انگیختگی، نظارت بر عملکرد، آهستگی بعد از خطا

* نویسندهٔ مسئول Email: mor.ghasemian@atu.ac.ir

مقدمه

بررسی عملکرد ورزشی و عوامل زیربنایی آن، همواره جزئی از اهداف پژوهشگران علوم حرکتی و روان‌شناسان بوده‌اند. یکی از حیطه‌های جذاب و حساس در ورزش، بررسی نحوه و چگونگی درستی عملکرد داوران فوتبال است. درزمینهٔ عملکرد ورزشی، بیشتر ورزشکاران و مربیان مطالعه شده‌اند و مطالعات اندکی به بررسی ویژگی‌های زیربنایی عملکرد داوران پرداخته‌اند. این درحالی است که داوران فوتبال مجبورند همواره به‌صورت دقیق و در حداقل زمان تصمیمات مهمی بگیرند؛ تصمیماتی که گاهی در لحظات حساس، سرنوشت هزینه‌های مالی سرمایه‌گذاران در حیطهٔ فوتبال را تغییر می‌دهند؛ ازاین‌رو، توصیف و فهم ویژگی‌های زیربنایی عملکرد داوران فوتبال می‌تواند ضروری باشد.

یکی از حیطه‌های جذاب در بررسی عوامل زیربنایی عملکرد، توصیف رابطهٔ عملکرد و انگیختگی است که سال‌ها موردتوجه پژوهشگران بوده است. فهم تأثیر انگیختگی بر عملکرد به پژوهشگران کمک می‌کند تا با راهبردهایی آن را بهینه کنند. دراین‌راستا، وضعیت روانی- فیزیولوژیک افراد یکی از مؤلفه‌های مهم در مطالعهٔ عملکرد آن‌ها محسوب می‌شود. ازجمله مؤلفه‌های روانی- فیزیولوژیک که می‌تواند عملکرد افراد را پیش‌بینی کند، سطح هدایت الکتریکی پوست[1]است (۱). سطح هدایت الکتریکی پوست نشانگری معتبر و حساس به سطح انگیختگی[2]است که تغییرات اندک در وضعیت انگیختگی بدن را در حالات مختلف شناختی و هیجانی منعکس می‌کند. این مؤلفه نشان‌دهندهٔ فراز و فرود انگیختگی بدنی است که به‌وسیلهٔ فعالیت اعصاب کولینرژیک سمپاتیک در سطح غدد مترشحهٔ عرق ظاهر می‌شود. ازآنجایی‌که سطح هدایت الکتریکی اغلب به‌عنوان شاخص انگیختگی درنظر گرفته می‌شود، بیشتر از سایر متغیرهای دستگاه عصبی خودکار بررسی می‌شود (۲).

پژوهشگران معمولاً به بررسی این مؤلفه در حالت پایه[3](قبل از شروع تکلیف) و درحال اجرای تکلیف می‌پردازند. براساس پژوهش‌های گذشته، میزان فعالیت پایهٔ سطح هدایت الکتریکی پوست با انگیختگی عمومی دستگاه عصبی مرکزی در ارتباط است. بری[4]و همکاران (۳) نشان دادند که سطح پایهٔ هدایت الکتریکی پوست به‌طور معکوسی با دامنهٔ موج آلفا که مؤلفه‌ای مهم در عملکرد افراد محسوب می‌شود، ارتباط دارد. بری و همکاران (۴) شاخص انگیختگی را به‌عنوان وضعیت انرژیک فرد در حالت پایه و شاخص فعال‌سازی[5]را به‌عنوان تغییرات انگیختگی ناشی از اجرای

1. Skin Conductance
2. Arousal State
3. Baseline
4. Barry
5. Activation

تکلیف نسبت به حالت پایه تعریف کرده‌اند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین سطح هدایت الکتریکی پوست و عملکرد حرکتی رابطه وجود دارد؛ هرچند این رابطه مختص به سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت پایه نیست و بیشتر با فعال‌سازی یا تفاضل سطح هدایت الکتریکی درهنگام اجرا نسبت به زمان پایه مرتبط بوده است (۴). بری و همکاران (۳) نشان دادند که سطح انگیختگی با پاسخ‌های رفتاری در ارتباط نیست و فقط با پاسخ‌های فیزیولوژیک رابطه دارد. علاوه‌براین، واعظ‌موسوی و همکاران (۵) نشان دادند که مقیاس رفتاری عملکرد یا به‌عبارتی زمان واکنش و تعداد خطا با میزان فعال‌سازی مرتبط است؛ اما سطح انگیختگی رابطهٔ معناداری با این مقیاس‌ها ندارد. براساس نتایج مطالعهٔ آن‌ها، افزایش سطح فعال‌سازی با کاهش زمان واکنش در ارتباط بود. این پژوهش‌ها نیز رابطهٔ انگیختگی را با پاسخ‌های فیزیولوژیک تأیید کردند. براساس مطالعهٔ بری و همکاران (۴)، مقدار میانگین زمان واکنش و میزان خطا درنتیجهٔ بالارفتن سطح فعال‌سازی افزایش پیدا کرد. این درحالی است که نتایج مطالعهٔ ماندل[1] و همکاران (۶) نشان داد که با بررسی سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت با استرس پایین، می‌توان عملکرد افراد را در شرایط با استرس بالا پیش‌بینی کرد. در پژوهش‌های مرتبط با رابطهٔ بین عملکرد حرکتی و سطح هدایت الکتریکی پوست، معمولاً متغیرهای مختلفی مانند تعداد پاسخ‌های صحیح، زمان یا سرعت و میزان خطا یا درستی اجرا بررسی شده‌اند. مؤلفه‌های دیگری نیز وجود دارند که به‌صورت مستقیم نشان‌دهندهٔ عملکرد افراد نیستند؛ ولی به‌صورت غیرمستقیم برآوردکنندهٔ ویژگی‌هایی از عملکرد نظیر تطابق‌پذیری[2]، خودتنظیمی[3] و نظارت بر عملکرد[4] به‌شمار می‌آیند. یکی از مؤلفه‌هایی که دراین‌زمینه می‌تواند استفاده شود، واکنش افراد به خطاهای خود است. مطالعات رفتاری نشان می‌دهند که پاسخ‌های بعد از خطا معمولاً آهسته‌تر از پاسخ‌های بعد از کوشش‌های صحیح هستند (۷). در پیشینهٔ پژوهش‌ها، از این شاخص معمولاً با عنوان آهستگی بعد از خطا[5] نام برده می‌شود. این پدیده معمولاً در بیشتر افراد رخ می‌دهد؛ اما شدت آن در افراد با ویژگی‌های مختلف و در شرایط مختلف متفاوت است. پژوهش‌های گذشته به‌دنبال بررسی این تفاوت‌ها، مکانیسم‌ها و علل زیربنایی این پدیده بوده‌اند (۸). مطالعات نشان داده‌اند که کاهش سرعت عملکرد می‌تواند به‌عنوان شاخص نظارت بر عملکرد باشد؛ هرچند ضرورتاً باعث افزایش درستی عملکرد نمی‌شود. براساس تفسیر این پژوهش‌ها، سیستم عصبی به نتایج پیش‌رو حساس است و بازخورد درونی رفتارهای

1. Mundell
2. Adaptation
3. Self-Regulation
4. Performance Monitoring
5. Post Error Slowing (PES)

درحال‌اجرا را تعدیل می‌کند (۹). کاوانا[1]و همکاران (۱۰) نیاز پردازشی بعد از بازخوردهای صحیح و غلط را بررسی کردند. آنان دریافتند که پردازش خطا به پردازش شناختی بیشتری نیاز دارد. ازآنجایی‌که واکنش افراد به خطا دارای ابعاد شناختی و هیجانی است، بعد از وقوع خطا نگرانی از خطا و قضاوت دیگران ممکن است واکنش هیجانی داشته باشد. افزون‌براین، تلاش شناختی برای شناسایی و اصلاح خطا، بار شناختی[2]را افزایش می‌دهد که خود می‌تواند بر شدت انگیختگی تأثیرگذار باشد (۱۱)؛ ازاین‌رو، ممکن است بین واکنش افراد به خطا و سطح هدایت الکتریکی پوست به‌عنوان شاخص انگیختگی، رابطه وجود داشته باشد. ازسوی‌دیگر، همان‌طورکه ذکر شد، پژوهش‌های قبلی نبود رابطه بین پاسخ‌های رفتاری و سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه را نشان داده بودند که در آن‌ها مؤلفه‌های رایج دقت و سرعت عملکرد بررسی نشده بودند. پژوهش حاضر به‌دنبال بررسی مؤلفهٔ جدیدی از عملکرد درکنار سایر مؤلفه‌هایی است که درزمینهٔ رابطهٔ انگیختگی و عملکرد بررسی شده‌اند. علاوه‌براین، علت استفاده از این نمونهٔ خاص این بود که با توجه به ضرورت تصمیم‌گیری داوران فوتبال در حداقل زمان و احتمال وجود خطا در عملکرد آنان، گاهی‌اوقات انجام یک خطا باعث می‌شود رویدادهای آیندهٔ مسابقه نادیده گرفته شوند و به‌صورت منفی تحت‌تأثیر قرار گیرند. منطق استفاده از تکلیف حاضر، علاوه‌بر بررسی توانایی داوران در بازداری محرک خاص، مشابه زمانی است که توالی رویدادها در بازی می‌تواند بر درستی پاسخ تأثیرگذار باشد. به‌عبارت‌دیگر، در جریان بازی یک تصمیم و آگاهی از درست یا غلط‌بودن آن می‌تواند بر درستی، سرعت و کیفیت تصمیم‌گیری‌های متعاقب تأثیر بگذارد که توانایی در مواجهه با این موضوع می‌تواند موفقیت آینده را درپی داشته باشد.

روش پژوهش

در این پژوهش، ۴۳ داور رسمی فوتبال و فعال یا به‌عبارتی درگیر در قضاوت هفتگی، بین سنین ۲۰ تا ۳۰ سال به‌صورت داوطلبانه و به‌صورت نمونهٔ دردسترس شرکت کردند. همهٔ این افراد راست‌دست بودند و سابقهٔ هیچ نوع بیماری عصب‌شناختی‌ای را گزارش نکردند. از تمامی شرکت‌کنندگان برای شرکت در پژوهش رضایت‌نامهٔ کتبی گرفته شد.

تکلیف شامل تکلیف سیمون بود که ۲۰۰ کوشش داشت که در آن دو دایره با رنگ‌های سبز و قرمز وجود داشتند که افراد باید به دایرهٔ قرمز با کلید مکان‌نمای چپ و به دایرهٔ سبز با کلید مکان‌نمای راست پاسخ می‌دادند. این دایره‌ها گاهی در سمت چپ تصویر و گاهی در سمت راست تصویر وجود

1. Cavanagh
2. Cognitive Load

داشتند. افراد باید صرف‌نظر از جهت دایره، تنها به رنگ دایره پاسخ می‌دادند و تمایل به پاسخ به‌سمت موافق را بازداری می‌کردند. تعداد حالت‌های متجانس و نامتجانس برابر بودند؛ اما ترتیب به‌صورت تصادفی ارائه می‌شد. در پایان، مؤلفه‌های درصد پاسخ‌های غلط و زمان واکنش (سرعت پردازش اطلاعات) به‌عنوان شاخص عملکرد درنظر گرفته شدند. در ابتدای جلسهٔ آزمون، روش اجرا و نوع محرک‌ها و پاسخ‌ها برای افراد توضیح داده می‌شد و در ادامه، شرکت کنندگان یک بلوک تمرینی ۱۰ کوششی را انجام می‌دادند و در آخر، آزمون اصلی شروع می‌شد (۱۲). برای بررسی واکنش افراد به خطا، ابتدا کوشش‌های صحیح و غلط از یکدیگر جدا شدند و پس از آن، میانگین زمان‌های واکنش در کوشش‌های بعد از خطا از میزان میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از کوشش صحیح کسر شد و اختلاف آن بررسی شد (۱۳).

برای ثبت سطح هدایت الکتریکی از دستگاه ده‌کانالی فلکسی‌کامپ[1] و نرم‌افزار بیوگراف[2] ساخت شرکت تات‌تکنولوژی[3] کانادا استفاده شد که از یک کانال برای ثبت سطح هدایت الکتریکی پوست و از یک کانال برای استفاده از سنسور «تی.تی.آ.وی - سینک»[4] و کابل نوری ساخت شرکت تات‌تکنولوژی، برای هم‌زمان‌سازی شروع و پایان تکلیف و ثبت سطح هدایت الکتریکی پوست استفاده شد. برای ثبت داده‌ها از سنسور «اس. سی. فلکس/ پرو»[5] استفاده شد که دارای دو الکترود بود که به بند دوم انگشتان حلقه و اشارهٔ دست غیربرتر نصب می‌شدند. هدایت الکتریکی براساس مقیاس میکروزیمنس[6] سنجیده شد. قبل از نصب سنسور سطح هدایت الکتریکی پوست، بند دوم انگشتان با آب و الکل تمیز می‌شد. ابتدا به آزمودنی‌ها دو تا سه دقیقه زمان داده شد تا با سنسورها آشنا شوند و احساس راحتی کنند. سپس، دادهٔ حالت پایه ثبت و ذخیره شد. بعد از کوشش‌های تمرینی، سطح هدایت الکتریکی در زمان تکلیف ثبت شد. داده‌ها براساس ترتیب اجرا در پایگاه دادهٔ نرم‌افزار بیوگراف و با فرکانس ۲۵۶ هرتز ذخیره شدند. سطح هدایت الکتریکی افراد، به‌مدت پنج دقیقه در حالت آرام و استراحت به‌عنوان سطح پایه درنظر گرفته شد. سپس، سطح هدایت الکتریکی در مدت زمان اجرای تکلیف به‌مدت پنج دقیقه، به‌عنوان حالت انگیختگی و اختلاف این دو حالت به‌عنوان فعال‌سازی درنظر گرفته شد.

1. Flex Comp
2. Biograph
3. Thought Technology
4. TT AV-Sync
5. SC-Flex/Pro Sensor
6. Micro Siemens

نتایج

ابتدا مؤلفه‌های زمان واکنش در کوشش‌های صحیح و غلط بررسی شدند که نتایج آن در جدول شمارهٔ یک مشاهده می‌شود.

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد داده‌های زمان واکنش

مؤلفه	میانگین	انحراف استاندارد
زمان واکنش کوشش‌های صحیح (میلی‌ثانیه)	۳۳۴/۳۵	۶۵/۳۴
زمان واکنش کوشش‌های غلط (میلی‌ثانیه)	۲۱۶/۷۸	۹۳/۸۷
زمان واکنش بعد از کوشش‌های خطا (میلی‌ثانیه)	۳۸۲/۴۳	۲۳۰/۲۹
زمان واکنش بعد از کوشش‌های صحیح (میلی‌ثانیه)	۳۲۹/۳۳	۶۶/۱۱
درصد پاسخ‌های غلط	۲۰/۴۶	۱۳/۲۱

سپس، کوشش‌های صحیح و غلط از یکدیگر جدا شدند و کوشش‌های متعاقب آن تفکیک شدند. پس از آن، میانگین زمان‌های واکنش در کوشش‌های بعد از خطا، از میزان میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از صحیح کسر شد و اختلاف آن به‌عنوان آهستگی بعد از خطا[1]درنظر گرفته شد و ارتباط این مؤلفه و سایر مؤلفه‌های ذکرشده ازطریق آزمون ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. در جدول شمارهٔ دو، مقادیر مربوط به این متغیرها ارائه شده است.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد سطح هدایت الکتریکی پوست و آهستگی بعد از خطا

مؤلفه	میانگین	انحراف استاندارد
سطح هدایت الکتریکی پایه (میکروزیمنس)	۱/۳۳	۱/۱۶
سطح هدایت الکتریکی در حالت فعالیت (میکروزیمنس)	۳/۸۵	۳/۰۷
فعال‌سازی (میکروزیمنس)	۲/۵۲	۲/۰۹
آهستگی بعد از خطا (میلی‌ثانیه)	۵۳/۰۹	۲۳/۹

1. Post-Error Slowing

همان‌طورکه در جدول شمارهٔ سه مشاهده می‌شود، براساس نتایج به‌دست‌آمده، تنها بین سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه با زمان واکنش بعد از کوشش‌های خطا ($P = 0.01, r = -0.37$) و سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه با آهستگی بعد از خطا ($P = 0.02, r = -0.35$) رابطهٔ معناداری وجود داشت و بین سایر مؤلفه‌ها رابطهٔ معناداری مشاهده نشد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین متغیرها

	سطح هدایت الکتریکی پایه	فعالیت	فعال‌سازی
درصد غلط	-۰/۱۸	-۰/۲۱	۰/۱۹
میانگین زمان واکنش	۰/۰۵	-۰/۱۹	-۰/۲۲
زمان واکنش بعد از کوشش‌های خطا	-۰/۳۷*	-۰/۱۸	۰/۰۸
زمان واکنش بعد از کوشش‌های صحیح	-۰/۰۳	-۰/۱۸	-۰/۲۱
آهستگی بعد از خطا	-۰/۳۵*	-۰/۱۳	-۰/۰۱

* بیانگر رابطهٔ معنادار در سطح $P < 0.05$ است.

سپس، نتایج رگرسیون به روش ورود در متغیرهایی که بین آن‌ها رابطهٔ معناداری مشاهده شده بود، بررسی شد که براساس آن، مؤلفهٔ سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت پایه به‌عنوان متغیر پیش‌بین و آهستگی بعد از خطا و میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا، جداگانه به‌عنوان متغیر ملاک وارد مدل رگرسیونی شدند. همان‌طورکه در جدول شمارهٔ چهار مشاهده می‌شود، متغیر سطح هدایت الکتریکی در سطح پایه به‌طور معناداری مؤلفه‌های آهستگی بعد از خطا ($F_{1, 42} = 5.67, P = 0.02, R^2_{adj} = 0.12$) و میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا ($F_{1, 42} = 6.63, P = 0.014, R^2_{adj} = 0.139$) را پیش‌بینی کرد؛ براین‌اساس، معادله‌ای که مدل پیشنهادی رگرسیون را در پیش‌بینی آهستگی بعد از خطا از روی سطح هدایت الکتریکی پوست نشان می‌دهد، به‌صورت زیر است.

آهستگی بعد از خطا = ۱۴۸/۷۱-۲۹/۵۱ (سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه)

جدول ۴- آماره‌های رگرسیون در مؤلفه‌های سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت پایه و واکنش افراد به خطا

	عوامل پیش‌بین	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب	t	سطح
		B	خطای‌انحراف	استاندارد بتا		معناداری
آهستگی بعد از خطا	ضریب ثابت	۱۴۸/۲۹	۵۲/۹۳		۲/۸	۰/۰۰۸
	سطح هدایت الکتریکی پایه	-۷۱/۵۱	۳۰/۰۲	-۰/۳۵	-۲/۳۸	۰/۰۲
میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا	ضریب ثابت	۴۸۰/۲۲	۵۰/۲۸		۹/۵۵	۰/۰۰۰۱
	سطح هدایت الکتریکی پایه	-۷۳/۴۶	۲۸/۵۲	-۰/۳۷	-۲/۶	۰/۰۱۴

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطهٔ بین سطح هدایت الکتریکی پوست و عملکرد داوران فوتبال انجام شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا نسبت به میانگین زمان واکنش در کوشش‌های بعد از پاسخ صحیح، افزایش یافته بود. این نتایج با نظریه‌های رایج درزمینهٔ کاهش سرعت بعد از خطا هم‌راستا بود. براساس پیشینهٔ مطالعات، این پدیده به‌نوعی واکنش افراد به خطای خود محسوب می‌شود که گاهی‌اوقات با نام خودکنترلی یا نظارت بر عملکرد درنظر گرفته می‌شود (۱۳). تفسیر این پدیده این است که افراد به‌طور فعال عملکرد خود را ارزیابی می‌کنند و تعادل بین سرعت و دقت را تعدیل می‌کنند که این مسئله هنگامی رخ می‌دهد که افراد خطا را ادراک می‌کنند (۱۴)؛ البته برخی از شواهد تجربی نشان می‌دهند که کاهش سرعت پاسخ بعد از خطا حتی در زمانی‌که دقت پاسخ بعد از خطا کاهش می‌یابد نیز مشاهده می‌شود (۱۵). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که علت این کاهش سرعت می‌تواند ناشی از افزایش میزان احتیاط یا اختلال در توجه و درنتیجه، پردازش‌های غیرمرتبط نظیر ناراحتی بعد از خطا باشد (۸). کاهش سرعت درنتیجهٔ افزایش احتیاط یک واکنش خودتنظیمی برای تطابق و واکنش به خطا محسوب می‌شود. علاوه‌براین، این مؤلفه به‌عنوان شاخص کنترل شناختی نیز درنظر گرفته می‌شود؛ زیرا، میزان آن با فعالیت قشر سینگولیت قدامی[1] در ارتباط است (۱۶). همچنین، این مؤلفه با سطح کورتیزول در ارتباط است (۱۷). داتیل و اندکرچف[2] (۸) با بررسی مکانیسم‌های زیربنایی این فرایند

1. Anterior Cingulate Cortex
2. Dutilh & Vandekerckhove

نشان دادند که این مؤلفه بیشتر از اینکه درنتیجهٔ وقفه در توجه یا پردازش‌های نامرتبط اتفاق افتد، ناشی از افزایش احتیاط در پاسخ‌های بعد از خطا است و درنتیجه، می‌توان آن را با فعالیت‌های خودتنظیمی کنترل رفتار مرتبط دانست. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه و هنگام اجرای فعالیت و فعال‌سازی، با هیچ‌یک از شاخص‌های عملکرد نظیر دقت عملکرد و سرعت واکنش رابطه‌ای مشاهده نشد. ازیک‌طرف، این نتیجه با نتایج مطالعات بری و همکاران (۴) و واعظ‌موسوی و همکاران (۵) هم‌راستا است. واعظ موسوی و همکاران (۵) نشان دادند که مقیاس عملکرد یا به‌عبارتی زمان واکنش و تعداد خطا با میزان فعال‌سازی مرتبط است؛ اما سطح انگیختگی رابطهٔ معناداری با این مقیاس‌ها ندارد. آن‌ها بیان کردند که انگیختگی در حالت پایه تنها بر پاسخ‌های فیزیولوژیک اثرگذار است؛ اما عامل مؤثر در فرایندهای آماده‌سازی حرکتی، فعال‌سازی است که حاصل فعالیت عقده‌های قاعده‌ای است. ازسوی‌دیگر، نتایج حاضر با این نتیجه که مقیاس‌های رفتاری با میزان فعال‌سازی ارتباط دارند، هم‌راستا نبود. بری و همکاران (۴) نشان دادند که سطح انگیختگی به فعالیت یا سطح انرژی پایه در زمان حال اشاره دارد؛ درصورتی‌که فعال‌سازی به تغییرات مرتبط با تکلیف اشاره دارد. سطح انگیختگی معمولاً از سطح پایه نسبت به‌هنگام اجرای تکلیف افزایش پیدا می‌کند و این تغییر در سطح انگیختگی را فعال‌سازی مرتبط با تکلیف گویند (۴). براساس یافته‌های حاضر، بین سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه و کاهش سرعت بعد از خطا رابطهٔ معناداری وجود داشت. همان‌طورکه در بخش نتایج نشان داده شد، رابطهٔ معناداری بین سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت پایه و میزان افزایش زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا مشاهده شد. این درحالی است که انتظار می‌رفت بین سطح هدایت الکتریکی درهنگام اجرای تکلیف و این مؤلفه رابطه مشاهده شود؛ براین‌اساس، نتایج مطالعهٔ حاضر سطح هدایت الکتریکی پوست را در حالت پایه و میزان افزایش زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا پیش‌بینی کرد. همان‌طورکه ذکر شد، در پژوهش‌ها، افزایش زمان واکنش در کوشش‌های بعد از خطا به‌عنوان شاخص نظارت بر عملکرد و در ارتباط با خودتنظیمی درنظر گرفته می‌شود. انگیختگی در سطح پایه از فعالیت‌های آمیگدال و سیستم فعال‌سازی صعودی واقعی در تشکیلات مشبک مغز ناشی می‌شود که با فعالیت‌های خودتنظیمی نیز مرتبط است (۱۸). براساس نتایج مطالعهٔ حاضر، رابطهٔ منفی بین سطح هدایت الکتریکی در حالت پایه و آهستگی بعد از خطا وجود داشت؛ بدین‌معناکه با افزایش سطح هدایت الکتریکی پوست، آهستگی کمتری در زمان واکنش بعد از کوشش‌های خطا مشاهده شد. این یافته را از این دیدگاه می‌توان تفسیر نمود که آهستگی بعد از خطا به‌دلیل درک خطا و پاسخ‌های محتاطانه‌تر بعدی رخ می‌دهد؛ براین‌اساس، افراد با سطح هدایت الکتریکی پوست بالاتر یا به‌عبارتی با سطح انگیختگی پایهٔ بالاتر، خودتنظیمی یا تطابق کمتری در

پاسخ به خطا یا راهبرد مقابله درمواجهه با خطا داشتند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که الگوی این نتایج در افراد با سطح دقت پایین نیز رخ می‌دهد؛ براین‌اساس، افراد با دقت بالاتر بعد از پاسخ‌های خطا، آهسته‌تر پاسخ می‌دهند. استینبورن و همکاران (۱۴) نشان دادند که در افراد با دقت پایین آهستگی بعد از خطا کاهش یافت. واردل[1] و همکاران (۱۹) نشان دادند که مصرف آمفتامین نیز که باعث بالارفتن سطح انگیختگی می‌شود، آهستگی بعد از خطا را کاهش می‌دهد و به‌نوعی تعیین‌کنندهٔ واکنش افراد به خطا است. ازسوی‌دیگر، پژوهش‌هایی وجود دارند که با نتایج این مطالعه هم‌راستا نیستند؛ به‌عنوان‌مثال، وایت[2] و همکاران (۲۰) نشان دادند که افراد با سطح اضطراب صفتی بالاتر، بعد از پاسخ‌های منجر به خطا احتیاط بیشتری را نشان دادند. علاوه‌براین، وان در بورت[3] و همکاران (۲۱) دریافتند که بین اضطراب و آهستگی بعد از خطا رابطه‌ای وجود نداشت.

علاوه‌براین، سطح انگیختگی افراد در سطح پایه را می‌توان از دیدگاه تفاوت‌های فردی بررسی کرد؛ براین‌اساس، افراد با سطوح متفاوتی از سطح هدایت الکتریکی پایه، الگوی متفاوتی از واکنش به خطا را نشان می‌دهند. براساس نتایج پژوهش‌ها، افراد با ویژگی‌های شخصیتی متفاوت نظیر حساسیت به تنبیه واکنش به خطای متفاوتی دارند (۲۲). افراد با ویژگی‌های شخصیتی متفاوت نیز پاسخ به خطای متفاوتی دارند؛ به‌عنوان‌مثال، افراد با ویژگی «علاقهٔ زیاد به پاداش»[4] که با هیجانات مثبت و دوپامین در ارتباط است، واکنش مغزی بیشتری به خطا نشان می‌دهند (۱۷). بررسی این یافته از دیدگاه ژنتیک نیز ممکن است. بر اساس نتایج تحقیقات گذشته، هنگامی‌که در پلاسما سطح متوسطی از نشانگر ژنتیک اپی‌نفرین (دی بی اچ)[5] وجود داشته باشد، میزان کاهش سرعت بعد از خطا افزایش پیدا می‌کند؛ درصورتی‌که در سطح کم و بالای این ژن در پلاسما، میزان افت سرعت کاهش می‌یابد؛ براین‌اساس، یک رابطهٔ یوشکل بین این دو مؤلفه وجود دارد (۱۲).

به‌طورکلی، پژوهش حاضر را می‌توان به‌عنوان یک مطالعهٔ مقدماتی درزمینهٔ عملکرد افراد به‌طور عمومی و داوران فوتبال به‌طور اختصاصی، در واکنش به خطا و عوامل تعیین‌کننده درنظر گرفت. پژوهش‌های آینده می‌توانند این مؤلفه‌ها را در تکالیفی با نیازهای شناختی و حرکتی متفاوت و در بافت واقعی محیط ورزشی ارزیابی کنند. علاوه‌براین، استفاده از سایر مؤلفه‌های فیزیولوژیک نظیر تغییرپذیری ضربان قلب و امواج مغزی برای بررسی همه‌جانبهٔ این مؤلفه ضروری به‌نظر می‌رسد.

1. Wardle
2. White
3. Van der Borght
4. High Drive for Reward
5. DβH

ویژگی‌های شخصیتی و دستورالعمل‌های توجهی متفاوت، از دیگر ابعادی است که می‌تواند در پژوهش‌های آینده بررسی شوند. براساس یافته‌های حاضر می‌توان واکنش داوران فوتبال به خطا را از سطح هدایت الکتریکی پوست آن‌ها پیش‌بینی کرد؛ براین‌اساس، با افزایش سطح هدایت الکتریکی پوست در حالت پایه، تطابق‌پذیری داوران در واکنش به خطا کاهش پیدا می‌کند. تصمیم‌های داوران در زمین بازی به‌طور مستقیم بررسی نشده است؛ اما معمولاً پژوهش‌های آزمایشگاهی در حیطهٔ ارزیابی‌های عصب‌روان‌شناختی با پیش‌فرض احتمال تعمیم‌پذیری به شرایط واقعی انجام می‌شوند (۲۳). براساس این پیش‌فرض به‌نظر می‌رسد داورانی که قابلیت خودتنظیمی بالاتری در واکنش به خطا دارند، ازیک‌سو، به‌دلیل قابلیت شناسایی خطا و ازسوی‌دیگر، به‌دلیل توانایی بازداری تفکر و نگرانی درمورد خطای قبلی، بتوانند عملکرد بهینه‌ای در مدت زمان بازی داشته باشند؛ ازاین‌رو، با توجه به روابط موجود نخست می‌توان از این اندازه‌گیری‌های شناختی و فیزیولوژیک برای ارزیابی و غربالگری داوران استفاده کرد. سپس، با تعیین حد بهینهٔ سطح هدایت الکتریکی پوست از تکنیک‌هایی مانند بیوفیدبک برای رساندن داوران به سطح بهینه و اوج عملکرد استفاده کرد.

به‌طورکلی، این نتایج را می‌توان تنها به‌عنوان مرحلهٔ توصیف و فهم این رویداد درنظر گرفت و برای مداخلهٔ مناسب با هدف بهینه‌سازی آن، به انجام پژوهش‌های بیشتری نیاز است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به روشن‌شدن فرایندهای شناختی- هیجانی زیربنایی در عملکرد افراد در محیط ورزشی کمک کند و می‌تواند در طراحی پروتکل‌های تعدیل این مؤلفه‌ها برای ارزیابی و ارتقای عملکرد داوران فوتبال نقش داشته باشد.

منابع

1. Fahimi F, VaezMousavi M. Physiological patterning of short badminton serve: A psychophysiological perspective to vigilance and arousal. World Appl Sci J. 2011; 12(3):347-53.
2. Boucsein W. Electrodermal activity. New York: Springer Science & Business Media; 2012.
3. Barry RJ, Clarke AR, McCarthy R, Selikowitz M, Rushby JA, Ploskova E. EEG differences in children as a function of resting-state arousal level. Clin Neurophysiol. 2004;115(2):402-8.
4. Barry RJ, Clarke AR, McCarthy R, Selikowitz M ,Rushby JA. Arousal and activation in a continuous performance task. J Psychophysiol. 2005;19(2):91-9.
5. VaezMousavi M, Barry RJ, Rushby J, Clarke A. Evidence for differentiation of arousal and activation in normal adults. 2007: Acta Neurobiol Exp, 67 (2), 179-86.
6. Mundell C ,Vielma JP, Zaman T. Predicting performance under stressful conditions using galvanic skin response. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology. 2016.

7. Desmet C, Imbo I, De Brauwer J, Brass M, Fias W, Notebaert W. Error adaptation in mental arithmetic. Q J Exp Psychol. 2012;65(6):1059-67.
8. Dutilh G, Vandekerckhove J, Forstmann BU, Keuleers E, Brysbaert M, Wagenmakers E-J. Testing theories of post-error slowing. ATTEN PERCEPT PSYCHO. 2012;74(2):454-65.
9. núñez Castellar E, Kühn S, Fias W, Notebaert W. Outcome expectancy and not accuracy determines posterror slowing: ERP support. Cogn. Affect. Behav. Neurosci. 2010;10(2):270-8.
10. Cavanagh JF, Cohen MX, Allen JJ. Prelude to and resolution of an error: EEG phase synchrony reveals cognitive control dynamics during action monitoring. J Neurosci. 2009;29(1):98-105.
11. Shi Y, Ruiz N, Taib R, Choi E, Chen F, editors. Galvanic skin response (GSR) as an index of cognitive load. CHI. 2007: 2651-6.
12. Colzato LS, de Rover M, van den Wildenberg WP, Nieuwenhuis S. Genetic marker of norepinephrine synthesis predicts individual differences in post-error slowing: A pilot study. Neuropsychologia. 2013;51(13):2600-4.
13. Dutilh G, van Ravenzwaaij D, Nieuwenhuis S, van der Maas HL, Forstmann BU, Wagenmakers E-J. How to measure post-error slowing: A confound and a simple solution. J Math Psychol. 2012;56(3):208-16.
14. Steinborn MB, Flehmig HC, Bratzke D, Schröter H. Error reactivity in self-paced performance: Highly-accurate individuals exhibit largest post-error slowing. Q J Exp Psychol. 2012;65(4):624-31.
15. Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. Psychol. Rev. 2001;108(3):624-52.
16. Danielmeier C, Ullsperger M. Post-error adjustments. Front. Psychol. 2011; 2: 233-43.
17. Tops M, Boksem MA. Cortisol involvement in mechanisms of behavioral inhibition. Psychophysiology. 2011;48(5):723-32.
18. Banks SJ, Eddy KT, Angstadt M, Nathan PJ, Phan KL. Amygdala–frontal connectivity during emotion regulation. Soc Cogn Affect Neurosci. 2007;2(4): 303-12.
19. Wardle MC, Yang A, de Wit H. Effect of d-amphetamine on post-error slowing in healthy volunteers. Psychopharmacology. 2012;220(1):109-15.
20. White CN, Ratcliff R, Vasey MW, McKoon G. Using diffusion models to understand clinical disorders. J Math Psychol. 2010;54(1):39-52.
21. Van der Borght L, Braem S, Stevens M, Notebaert W. Keep calm and be patient: The influence of anxiety and time on post-error adaptations. Acta Psychol. 2016;164:34-8.
22. Boksem MA, Tops M, Kostermans E, De Cremer D. Sensitivity to punishment and reward omission: evidence from error-related ERP components. BIOL PSYCHOL. 2008;79(2):185-92.
23. Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P. Executive functions predict the success of top-soccer players. PloS one. 2012;7(4): e34731.

استناد به مقاله

قاسمیان‌مقدم محمدرضا، عاشق طوسی مهناز. رابطۀ بین سطح هدایت الکتریکی پوست و آهستگی بعد از خطا حین اجرای تکلیف شناختی در داوران فوتبال. رفتارحرکتی. زمستان ۱۳۹۷؛۱۰(۳۴): ۱۰۴-۹۱. شناسۀ دیجیتال: 10.22089/mbj.2019.6693.1740

Ghasemian Moghadam M. R, Ashegh Toosi M. The Relationship Between Skin Conductance and Post Error Slowing During Cognitive Task Performance in Soccer Referees. Motor Behavior. Winter 2019; 10 (34): 91-104. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2019.6693.1740

The Relationship Between Skin Conductance and Post Error Slowing During Cognitive Task Performance in Soccer Referees

M. R. Ghasemian Moghadam[1], M. Ashegh Toosi[2]

1. Assistant Professor of Motor Behavior, Allameh Tabataba'i University, Tehran

2. M.Sc. of Biomedical Engineering, Amirkabir University of Technology

Received: 2018/11/19 **Accepted: 2019/01/21**

Abstract

The purpose of this study was to determine the relationship between skin conductance as an indicator of arousal state and post-error slowing as an indicator of performance monitoring in soccer referees. For this purpose, 43 referees aged 20-30 years participated in this study. The skin conductance was evaluated at the baseline and during the Simon task performance. Then, the performance accuracy, reaction time in correct trials, reaction time in post-error responses and difference of reaction time in post-error to post-correct trials (post-error slowing) as reaction to error were investigated. The results showed that there was not a significant relationship between skin conductance, correct responses percentage and mean reaction time. On the other hand, there was a significant relationship between the skin conductance level at the baseline and reaction time in the post-error trials and post-error slowing. These findings suggest individual differences in performance monitoring and, accordingly, the response of soccer referees to the error is predictable from the level of skin conductance at baseline.

Key words: Arousal, Performance Monitoring, Post-Error Slowing

* Corresponding Author Email: mor.ghasemian@atu.ac.ir