پژوهش در علوم ورزشی شماره ۶، تابستان ۱۳۸۹، صص ۲۴-۱۳

طراحی و ساخت نرم‌افزار و سخت‌افزار بیوفیدبک کامپیوتری

*دکتر عباس معمار باشی[۱]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۱۱/۲۶

پژوهشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

چکیده

در تحقیق حاضر، دستگاه بیوفیدبک کامپیوتری طراحی و نمونه‌سازی شده است. این دستگاه هشت ورودی آنالوگ، مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۶ بیتی سریع، نمایشگر گرافیکی،کارت حافظهٔ SD، صفحه کلید، پنج کلید روی پانل با قابلیت اتصال پنج کلید خارجی دارد. یک حسگر دمای دیجیتال نیز برای اندازه‌گیری دمای پوست، مستقل از ورودی‌های آنالوگ به دستگاه متصل می‌شود. نرم‌افزار میکروکنترلر با زبان برنامه نویسی C نوشته شده است و امکان ارتباط با کامپیوتر از طریق پورت سریال و یواس‌بی وجود دارد. دستگاه بیوفیدبک، سیگنال‌های آنالوگ الکترومیوگرام، الکتروکاردیوگرام، حسگر شتاب سنج سه محوره، حسگر مقاومت الکتریکی پوست و حسگر ضربان قلب را پس از پردازش، به کامپیوتر ارسال می‌کند. اطلاعات روی کارت حافظهٔ MicroSD، با قالب FAT32 ذخیره می‌شود. این دستگاه علاوه بر استفاده در آزمون‌های بیوفیدبک، امکانات متعددی برای انجام آزمون‌های زمان عکس‌العمل شنیداری و دیداری، با دو روش دینامیک و غیردینامیک دارد. در آزمون‌های زمان عکس‌العمل دینامیک از حسگر شتاب سنج سه‌محوره برای تشخیص جهت حرکت اندام پاسخ دهنده استفاده شده است. آزمون دیداری دینامیک از نوع انتخابی است و آزمودنی باید اندام هدف را در جهت مشخص، متناسب با تصویر نمایشگر حرکت دهد. برای این دستگاه سه نرم‌افزار مستقل کامپیوتری با زبان دلفی نوشته شده است. نرم‌افزار اصلی دستگاه، اطلاعات بیولوژیک را به‌صورت آن‌لاین از دستگاه دریافت می‌کند و به شکل نمودار خطی لحظه به لحظه روی نمایشگر نشان می‌دهد. امکانات کالیبراسیون حسگرها، فیلتر دیجیتال کانال‌ها، ذخیرهٔ مشخصات آزمودنی‌ها و اطلاعات آزمون‌های آنها و نیز مقایسهٔ نتایج هر فرد، به صورت جداگانه و در بین گروه وجود دارد. در نرم‌افزار زمان عکس‌العمل، محقق می‌تواند آزمون دیداری یا شنیداری را طراحی و نتایج را از نظر آماری تحلیل نماید و به‌صورت نمودار ستونی از آنها استفاده کند. در نرم‌افزار اسیلوسکوپ الکترومیوگرافی، امکان نمایش و ذخیرهٔ سیگنال‌های الکترومیوگرافی روی نمایشگر با سرعت زیاد فراهم شده است و می‌توان از این نرم‌افزار در آزمون‌های محقق ساختهٔ زمان عکس‌العمل استفاده کرد. برای اطمینان از

۱. استادیار دانشگاه محقق اردبیلی Email: a_meamarbashi@yahoo.com

کارکرد مناسب سخت‌افزار، آزمون‌های مختلفی روی هر قسمت از آن انجام شد. شش نوع آزمون زمان عکس‌العمل مقایسه‌ای با استفاده از کامپیوتر و دستگاه بیوفیدبک، توسط ۳۵ دانشجوی پسر (سن: ۲/۴±۲۳/۹) انجام شد و نتایج بر اعتبار و روایی دستگاه دلالت داشتند.

کلیدواژه‌های فارسی: طراحی، نمونه‌سازی، دستگاه، بیوفیدبک، زمان عکس‌العمل.

مقدمه

امروزه، ورزش در تمام دنیا، اهمیت بسیاری یافته است و همهٔ کشورها برای پیشرفت ورزش و ورزشکاران خود تلاش‌های فراوانی می‌کنند؛ بنابراین ضروری است که در کشور ما نیز نقش فناوری و مهندسی در بهینه سازی و رشد ورزش تقویت شود. بیوفیدبک یا پس‌خوراند زیستی، روشی است برای اینکه یاد بگیریم چگونه فعالیت‌هایی را که بدن ما به‌طور طبیعی و خودکار انجام می‌دهد مثل ضربان قلب، تنش ماهیچه‌ای، الگوی تنفس و دمای پوست کنترل کنیم. در حقیقت با بیوفیدبک می‌آموزیم به‌طور ارادی، فعالیت‌های بدنی خود را به وسیلهٔ فیدبکی از فرآیندهای فیزیولوژیکی تغییر دهیم. بیوفیدبک ابزاری برای درک فرآیندهای بدنی و در نهایت، کنترل این فرآیندها به‌منظور افزایش آرمیدگی، کاهش درد و افزایش سطح سلامت و غیره است.

دستگاه‌های ساخت خارج، به‌صورت تک بعدی و تنها برای اندازه‌گیری یک یا چند متغیر ساخته شده‌اند (۱) از جملهٔ این دستگاه‌ها می‌توان به دستگاه تمایز الگویی وگ هالتر (۱۹۸۱) اشاره کرد. در داخل کشور تحقیقات قابل ملاحظه‌ای، دست‌کم در حیطهٔ علوم ورزشی، در زمینهٔ بیوفیدبک انجام نشده است و تنها می‌توان به ساخت دستگاه اندازه‌گیری عملکرد حرکت توسط شریف‌نژاد و بهرام (۱) اشاره کرد.

به‌تازگی، واژهٔ جدیدی با عنوان Dynamic Biofeedback مطرح شده است که نشان می‌دهد تمرینات بیوفیدبک در حین حرکت نتایج بهتری بر کنترل حرکتی دارد (۲). از آنجا که پاسخ ایجاد شده با تغییر شتاب در عضو مورد مطالعه قابل تشخیص است، در این طرح به‌طور ابتکاری، پاسخ به محرک و شدت پاسخ به وسیلهٔ حسگر شتاب سنج سه محوره تشخیص داده خواهد شد؛ بدین ترتیب محدودیت‌هایی که برای تشخیص پاسخ وجود داشت و اینکه فرد موظف بود از دست برای واکنش استفاده کند از بین می‌رود و سایر اعضای بدن نیز می‌توانند به‌کار گرفته شوند؛ به‌طور مثال هر یک از انگشتان دست یا پا یا عملی چون چرخش مچ می‌تواند پاسخ به حساب آید.

به دلیل فقدان دستگاهی که بتواند تا حد ممکن نیازهای آموزشی و تحقیقاتی حوزهٔ روان‌شناسی ورزشی را در مباحث بیوفیدبک و زمان عکس‌العمل برآورده کند، به طراحی و ساخت این دستگاه اقدام شد تا ضمن کاهش وابستگی به خارج، محققان بتوانند از ابزارهای متعدد این دستگاه برای تحقیقات استفاده نمایند.

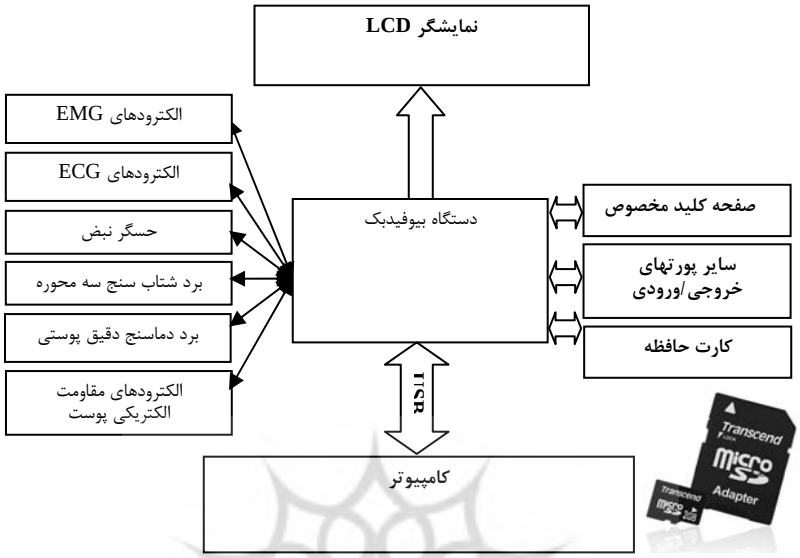
روش شناسی پژوهش

این سیستم از دو بخش نرم‌افزار (کامپیوتر و میکروکنترلر) و سخت‌افزار الکترونیکی تشکیل شده است. سخت‌افزار این سیستم شامل سه بخش حسگرها، بخش الکترونیکی و میکروکنترلر است. حسگرهای دستگاه عبارتند از: حسگرهای شتاب سنج سه محورهٔ بسیار حساس، الکترودهای پوستی[1] و الکتروکاردیوگرام، حسگر دمای پوست، حسگر مقاومت الکتریکی پوست و حسگر مخصوص نبض. همچنین بخش الکترونیکی شامل: قسمت فیلتر، پیش‌آمپلی‌فایر، آمپلی‌فایر و تبدیل آنالوگ به دیجیتال ۱۶ بیتی سریع برای الکترودهای پوستی و الکتروکاردیوگرام است. برای حسگرهای شتاب، دما، الکترودهای مقاومت الکتریکی پوست و نبض از فیلتر مخصوص و آمپلی‌فایر و نیز مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۶ بیتی سریع استفاده شده است.

میکروکنترلر استفاده شده در این دستگاه ATMEGA32 (ATMEL, USA) نام دارد. برنامهٔ این میکروکنترلر، با استفاده از زبان برنامه نویسی سی نوشته شد و پس از کامپایل توسط نرم‌افزار کامپایلر مخصوص AVR Studio4، به‌صورت فایل هگزا دسیمال (HEX) درآمد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار سازندهٔ میکروکنترلر از طریق پورت سریال در میکروکنترلر ذخیره و استفاده شد (۳). در برنامه نویسی میکروکنترلر، امکان دریافت فرمان از کامپیوتر در نظر گرفته شده است؛ بنابراین می‌توان اعمال مختلف دستگاه را با نرم‌افزار کامپیوتر کنترل کرد. ثبت اطلاعاتی مانند EMG با سرعت زیاد روی کارت حافظهٔ SD نیز امکان‌پذیر است. نرم‌افزارهای کامپیوتری این سیستم با زبان برنامه نویسی دلفی نوشته شده است. میکروکنترلر اطلاعات حاصل از حسگرها را به‌صورت سریال به کامپیوتر ارسال می‌کند، نرم‌افزار کامپیوتر این اطلاعات را پردازش می‌کند و نتیجهٔ آزمون را اعلام و در بانک اطلاعاتی ثبت می‌کند. به دلیل پیش‌بینی اتصال انواع مختلف حسگرها و خروجی‌ها به بخش الکترونیکی و قابلیت طراحی آزمون‌ها توسط محقق، توسعه و تکمیل آزمون‌ها و قابلیت‌های دستگاه به سادگی میسر خواهد شد.

---

1. EMG



تصویر ۱. دیاگرام کلی دستگاه بیوفیدبک کامپیوتری

یافته‌های پژوهش

دستاوردهای این طرح پژوهشی عبارتند از: تولید دستگاه بیوفیدبک کامپیوتری و سه نرم‌افزار کامپیوتری. پس از تولید سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مختلفِ دستگاه به‌طور جداگانه و مقایسه‌ای، نرم‌افزار زمان عکس‌العمل روی ۱۱۱ دانشجوی دختر و پسر آزمایش شد.

۱. سخت افزار بیوفیدبک کامپیوتری

از نظر سخت‌افزاری، این پروژه به دو قسمت دستگاه اصلی و ورودی‌های آنالوگ تقسیم می‌شود. ابعاد دستگاه بیوفیدبک و زمان عکس‌العمل ۱۰/۵× ۱۶/۵× ۲۴ سانتی‌متر و دارای امکانات زیر است:

۱- نمایشگر LCD گرافیکی ۱۲۸× ۶۴ پیکسل

۲- سوکت کارت حافظهٔ SD

۳- صفحه کلید

۴- پنج عدد کلید پانل دستگاه

۵- کلید و سوکت تغذیه

۶- سوکت اتصال ورودی‌های آنالوگ EMG، ECG و GSR

۷- سوکت اتصال حسگر شتاب‌سنج سه محوره

۸- سوکت اتصال حسگر دمای پوستی
۹- سوکت اتصال حسگر ضربان قلب
۹- خروجی پورت سریال
۱۰- خروجی پورت USB

تصویر۲. تصویر دستگاه بیوفیدبک کامپیوتری

ورودی‌های آنالوگ این دستگاه دارای بخش‌های ذیل است:
۱- بورد مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ کانالهٔ ۱۶ بیتی بسیار سریع
۲- بورد حسگر شتاب سنج سه محوره
۳- بورد حسگر حرارتی دیجیتال
۴- بورد آمپلی‌فایر الکترومیوگرام
۵- بورد آمپلی‌فایر الکتروکاردیوگرام
۶- بورد آمپلی‌فایر مقاومت الکتریکی پوست
۷- بورد آمپلی‌فایر ضربان قلب
۸- بورد مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ کانالهٔ ۱۶ بیتی بسیار سریع

یک حسگر شتاب‌سنج سه محوره با محدودهٔ g ۶± ، تغذیهٔ ۳/۶ ولت و فیلتر پایین‌گذر[1]، به‌طور مستقیم، به سه کانال شمارهٔ ۱ تا ۳ مبدل آنالوگ به دیجیتال متصل شده است. از این حسگر می‌توان در تمامی آزمون‌های بیوفیدبک و زمان عکس‌العمل استفاده کرد.

حسگر دمای پوست بسیار کوچک با خروجی دیجیتال، از طریق پورت I_2C میکروکنترلر دمای پوست را اندازه‌گیری می‌کند. الکترودهای الکتروکاردیوگرام و الکترومیوگرام به آمپلی‌فایر مربوط متصل‌اند و اطلاعات را با سرعت بالا به کامپیوتر منتقل می‌کنند. یک جفت الکترود مقاومت الکتریکی پوستی برای ثبت مقاومت الکتریکی پوست در نظر گرفته شده است. ضربان‌های قلب از روش اندازه‌گیری تغییرات جذب نوری انگشت توسط حسگر مخصوص آن انجام می‌شود.

در این طرح، نوعی از آزمون‌های شنیداری و دیداری با پاسخ دینامیک، با استفاده از حسگر شتاب سنج ابداع شده است؛ بدین مفهوم که می‌توان با حرکت دست، پا یا هر اندامی که حسگر به آن متصل شده و در جهتی که مورد نظر آزمون می‌باشد، پاسخ را از آزمودنی دریافت کرد. بدین ترتیب محدودیت پاسخ در آزمون‌های زمان عکس‌العمل که منحصر به فشردن کلید صفحه‌کلید یا موس یا استفاده از هر نوع کلید دیگر می‌باشد از بین رفته است و می‌توان از هر عضوی، به عنوان هدف استفاده کرد. همچنین جهت حرکت عضو نیز در پاسخ مطلوب دخالت دارد. با این توضیح، در بخش آزمون‌های زمان عکس‌العمل دو نوع کلی آزمون‌های شنیداری و دیداری دینامیک طراحی شده است.

هر یک از انواع آزمون‌ها را می توان به‌صورت دینامیک یا غیردینامیک استفاده نمود. در آزمون‌های دینامیک، در صورت اتصال حسگر شتاب سنج به عضو مورد مطالعه در آزمون‌های دیداری، جهت مطلوب حرکت عضو با نمایش خط مستقیم در قسمت بالا، پایین، چپ و راست صفحهٔ نمایش تعیین می‌شود و آزمودنی باید با حرکت عضو در جهت مطلوب، به هر آزمون پاسخ دهد. در آزمون‌های شنیداری دینامیک صرفاً حرکت عضو، مطلوب می‌باشد. درک جهت حرکت عضو با توجه به تغییرات شتاب به‌دست آمده از سه محور، توسط میکروکنترلر پردازش می‌شود و جهت حرکت عضو مشخص می‌شود. برای آزمون‌های دینامیک از حسگر شتاب سنج سه محوره استفاده می‌شود.

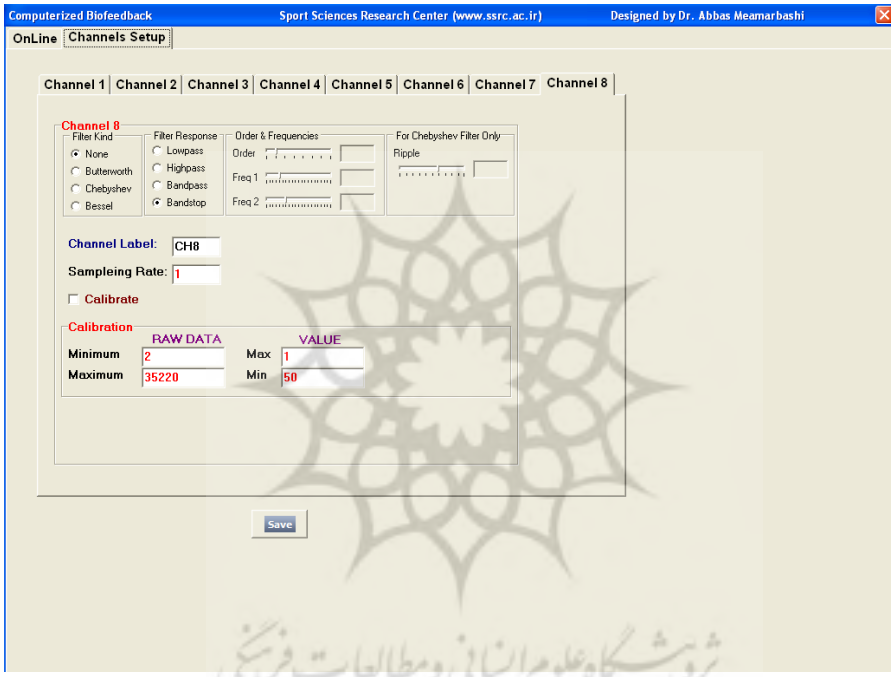
در آزمون‌های دیداری غیردینامیک از آزمودنی خواسته می‌شود تا بلافاصله پس از مشاهدهٔ کادر مستطیل سفید رنگ در مرکز صفحهٔ نمایش، کلید میانی روی پانل را فشار دهد. مانند آزمون‌های شنیداری، آزمودنی پس از شنیدن صدای بوق دستگاه، با فشردن کلید مربوط به محرک صوتی پاسخ می‌دهد.

---

1. Low Pass Filter

۲- نرم افزار دستگاه بیوفیدبک

این نرم‌افزار با سخت‌افزار دستگاه بیوفیدبک ارتباط مستقیم دارد و می‌تواند فرمان‌هایی را به دستگاه ارسال یا اطلاعات حسگرها را دریافت نماید. این نرم‌افزار امکانات متعددی دارد که مهم‌ترین بخش‌های آن عبارتند از: بخش نمایش اطلاعات حسگرها، بخش اطلاعات آزمودنی‌ها و بخش تنظیم فیلترهای اختصاصی هر کانال.



تصویر۳. بخش فیلتر دیجیتال نرم‌افزار بیوفیدبک

۳- نرم‌افزار اسیلوسکوپ دستگاه بیوفیدبک

این نرم‌افزار نیز به زبان دلفی نوشته شده و با امکانات ویژهٔ خود برای نمایش اطلاعات سیگنال‌های EMG روی نمایشگر کامپیوتر، با سرعت بالا طراحی شده است. از لحظهٔ شروع آزمون دیداری یا شنیداری، پیامی به کامپیوتر ارسال می‌شود و هم‌زمان، اطلاعات امواج الکترومیوگرام و وضعیت کلید روی پانل به کامپیوتر ارسال می‌شود. تأخیر به‌وجود آمده از زمان تحریک تا شروع تحریکات الکتریکی عضله را می‌توان روی نمایشگر مشاهده نمود.

۴- نرم‌افزار کامپیوتری زمان عکس‌العمل

در این نرم‌افزار، امکان طراحی و ایجاد انواع متنوعی از آزمایش‌های شنیداری و دیداری برای آزمون زمان عکس‌العمل وجود دارد. برای آزمون‌های شنیداری، محقق نوع محرک صوتی را به‌صورت فایل صوتی، برای هر آزمون تعیین می‌کند. خلاصهٔ نتایج هر آزمون و تاریخ و زمان انجام آن در فایل دیگری ذخیره شده و قابل بازیابی است. این نرم‌افزار قادر است روی داده‌های جمع‌آوری شده آزمون‌های آماری انجام داده، نتایج را به‌صورت نمودارهای مختلف نمایش دهد یا به‌صورت تصویر ذخیره نماید.

نتایج زمان عکس‌العمل با دو روش شنیداری و دیداری توسط نرم‌افزار کامپیوتری

نتایج آزمون زمان عکس‌العمل، به دو روش شنیداری و دیداری توسط ۶۱ دانشجوی پسر و ۵۰ دانشجوی دختر که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، در جدول‌های ۱ و۲ ارائه شده است.

جدول ۱. مقایسهٔ نتایج آزمون‌های زمان عکس‌العمل دیداری با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری

نوبت آزمایش	دختران		پسران	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	۳۹۱/۵۷	۹۷/۴۵	۴۰۴/۳۳	۱۰۰/۱۸
۲	۳۵۴/۶۰	۹۰/۲۸	۳۵۷/۴۲	۹۸/۰۳
۳	۳۵۰/۵۵	۹۵/۹۰	۳۴۲/۱۸	۸۹/۵۱
۴	۳۳۷/۴۰	۸۰/۳۷	۳۲۸/۱۷	۷۷/۳۱
۵	۳۲۶/۹۷	۹۳/۷۹	۳۳۰/۲۴	۷۹/۲۷
۶	۳۱۷/۸۵	۷۸/۱۹	۳۳۱/۴۱	۷۸/۴۷
۷	۳۱۴/۷۷	۷۰/۴۷	۳۲۱/۷۳	۶۴/۱۷
۸	۳۲۶/۴۶	۹۰/۸۹	۳۲۱/۷۱	۵۶/۲۴
۹	۳۱۴/۹۴	۶۳/۷۶	۳۲۰/۷۱	۶۳/۱۹
۱۰	۳۳۰/۰۴	۷۶/۳۶	۳۲۸/۲۱	۷۴/۹۹
میانگین کل	۳۳۶/۳۹	۸۷/۳۴	۳۳۷/۵۵	۸۲/۲۷

نرم‌افزار زمان عکس‌العمل، با استفاده از رایانهٔ قابل حمل (لپ تاپ) و ویندوز ویستا به‌کار گرفته شد و آزمودنی برای پاسخ، فقط کلید Enter را با انگشت اشاره دست غالب خود فشار می‌داد. زمان‌های عکس‌العمل بیش از ۷۰۰ میلی‌ثانیه حذف شد. ابتدا، پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف تأیید شد.

جدول ۲. مقایسهٔ نتایج آزمون‌های زمان عکس‌العمل شنیداری با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری

نوبت آزمایش	دختران		پسران	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	۴۴۷/۵۵	۹۲/۷۷	۳۵۷/۸۷	۸۶/۹۶
۲	۳۷۸/۲۶	۷۸/۱۶	۲۸۲/۱۴	۶۲/۱۱
۳	۳۶۳/۰۰	۷۰/۲۲	۲۹۴/۹۱	۷۷/۳۹
۴	۳۵۶/۰۵	۵۸/۳۹	۲۸۶/۸۹	۶۷/۲۸
۵	۳۶۲/۰۹	۵۰/۹۳	۲۷۹/۲۲	۵۰/۳۲
۶	۳۶۷/۷۹	۶۶/۷۰	۲۷۶/۴۵	۴۶/۰۸
۷	۳۶۵/۹۶	۷۳/۶۴	۲۷۵/۶۲	۴۶/۸۶
۸	۳۷۰/۳۷	۷۲/۵۵	۲۸۲/۶۳	۵۴/۱۷
۹	۳۷۵/۳۴	۷۵/۴۸	۲۹۳/۰۸	۷۰/۲۲
۱۰	۳۶۶/۳۶	۷۲/۷۳	۲۸۲/۱۷	۵۳/۸۷
میانگین کل	۳۷۵/۲۷	۷۶/۱۰	۲۹۰/۷۹	۶۶/۷۳

نتایج فوق نشان می‌دهد بین میانگین کل زمان عکس‌العمل در آزمون‌های دیداری در دختران و پسران تفاوتی وجود ندارد. کمترین زمان آزمون‌های دیداری در دختران مربوط به آزمون‌های هفتم و نهم و در پسران، آزمون‌های هفتم تا نهم می‌باشد، آزمون اول در دختران و پسران طولانی‌ترین زمان واکنش را به دنبال داشت.

نتایج نشان داد میانگین زمان عکس‌العمل به محرک شنیداری، در پسران کمتر از دختران بود. مقایسهٔ نتایج نوبت آزمون‌ها مؤید این مطلب است که طولانی‌ترین زمان عکس‌العمل در دختران و پسران به آزمون اول اختصاص دارد، کمترین زمان برای دختران آزمون چهارم و برای پسران آزمون هفتم بود.

نتایج آزمون زمان عکس‌العمل به دو روش شنیداری و دیداری با دستگاه بیوفیدبک

پس از اجرای آزمون فوق و تکمیل و اطمینان از کارکرد صحیح دستگاه بیوفیدبک، تحقیق دیگری اجرا شد. زمان پاسخ دینامیک و غیردینامیک به محرک، با روش‌های دیداری و شنیداری توسط دستگاه بیوفیدبک و نرم‌افزار کامپیوتری، روی ۳۵ دانشجوی پسر (سن: ۲/۴±۲۳/۹) بررسی شد. نتایج مقایسهٔ زمان عکس‌العمل، با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری و دستگاه بیوفیدبک، به روش‌های غیردینامیک و نیز تعیین زمان عکس‌العمل دینامیک با روش شتاب‌سنجی (ACC) در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول ۳. آزمون‌های زمان عکس‌العمل، با استفاده از دستگاه بیوفیدبک و نرم‌افزار کامپیوتری

	دستگاه بیوفیدبک				کامپیوتر	
	دیداری		شنیداری		دیداری	شنیداری
	غیر دینامیک	ACC	غیر دینامیک	ACC		
میانگین	۳۰۴/۶	۳۹۷/۳	۲۶۳/۶	۳۱۰/۴	۲۸۳/۰	۳۲۸/۱
انحراف معیار	۶۸/۱	۴۹/۴	۳۰/۷	۴۴/۳	۳۸/۳	۴۷/۸

نتایج آزمون t وابسته نشان داد که بین آزمون‌های دیداری کامپیوتری و شنیداری دینامیک در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<0.05$) و بین آزمون‌های شنیداری کامپیوتری و شنیداری غیردینامیک در سطح اطمینان ۹۹٪ ($p<0.01$) اختلاف معنی‌داری وجود دارد. طبیعی بودن توزیع پنج آزمون با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف[1] تأیید شد.

مقایسهٔ پنج روش نشان داد کمترین زمان عکس‌العمل، در آزمون شنیداری غیردینامیک با دستگاه بیوفیدبک و طولانی‌ترین زمان، در روش دیداری دینامیک با دستگاه بیوفیدبک به‌دست آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در خصوص استفاده از حسگر شتاب سنج برای تعیین زمان عکس‌العمل، به‌جز یک تحقیق پایه‌ای توسط سامر و همکاران روی حرکت انگشت (۴)، شواهد دیگری به‌دست نیامد. البته از این حسگر در بعضی از تحقیقات بیوفیدبک استفاده شده است. اندرسون و همکارانش[2] (۲۰۰۵) با نصب حسگر شتاب‌سنج یک محوره‌ای روی چرخ دوار، از این سیستم برای بیوفیدبک پاروزنی استفاده کردند (۵). دوزا و همکاران[3] (۲۰۰۵) از حسگر شتاب‌سنج برای تمرینات بیوفیدبک در تعادل پویا استفاده کردند (۶) و تاکر و همکاران[4] (۲۰۰۸) از این حسگر برای پاسخ دینامیک در تغییر ارادی تعادل استفاده کرده‌اند (۷).

استفاده از اطلاعات امواج الکترومیوگرام سریع‌تر از اطلاعات شتاب‌سنج است، ولی این حسگر می‌تواند جهت و شدت واکنش را نشان دهد و حتی در وضعیت استاتیک، زاویهٔ اندام را نیز تعیین کند؛ بنابراین می‌توان بدون استفاده از گونیامتر، تفاوت زمان عکس‌العمل (یا آزمون‌های

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Anderson, et al.
3. Dozza, et al.
4. Tucker, et al.

بیوفیدبک) را در زوایای مختلف اندام بررسی نمود. شاید دلیل استفاده نکردن از این حسگر، کفایت اعمال سادهٔ فشردن کلید یا ضربه زدن به مانع و ... و نیز زمینه‌های غیرورزشی غالب در این نوع تحقیقات باشد. خاستگاه این آزمون‌ها علم روان‌شناسی است و بیشترین تحقیقات نیز در این حوزه انجام می‌گیرد، ولی نیاز به استفاده از آزمون‌های دینامیک در علوم ورزشی بیشتر احساس می‌شود و شواهد متعددی در مورد تأثیر ورزش بر زمان واکنش وجود دارد (۸)؛ بنابراین، ساخت این دستگاه می‌تواند نویدبخش تحقیقات کاربردی بسیاری در حوزهٔ علوم ورزشی باشد. مهم‌تر اینکه، طراحی و ساخت این محصول در داخل کشور و با کمترین وابستگی به خارج انجام شده و محققان می‌توانند در آینده، با تکمیل نرم‌افزارها و سخت‌افزار این سیستم، به توسعهٔ تحقیقات کاربردی در کشور کمک کنند.

یکی دیگر از مباحث جدی در زمینهٔ خطاهای دستگاهی در آزمون‌های دیداری، مربوط به نمایش تصویر روی نمایشگر و در مورد دستگاه بیوفیدبک، نمایش تصویر روی LCD گرافیکی آن است. لینکلن تأخیر ۱۶/۶۷ میلی‌ثانیه را در مورد نمایشگرهای CRT کامپیوتر گزارش کرده است (۹)؛ بنابراین آزمون‌های دیداری کامپیوتری و دستگاهی را باید با دقت بیشتری تحلیل نمود.

در این طرح سه نرم‌افزار مستقل کامپیوتری با زبان دلفی طراحی و ساخته شده است. هر نرم‌افزار ویژگی‌های منحصر به فردی برای استفاده در آزمون‌های زمان عکس‌العمل، بیوفیدبک و آزمون‌های تخصصی بیوفیدبک-زمان عکس‌العمل دارد. مستقل بودن این نرم‌افزارها در محیط چندرسانه‌ای ویندوز موجب شده تا بتوان هم‌زمان از دو نرم‌افزار زمان عکس‌العمل و بیوفیدبک یا اسیلوسکوپ استفاده نمود. امکانات گرافیکی هر یک از این نرم‌افزارها موجب شده تا محقق بتواند حتی بدون نیاز به نرم‌افزارهای کمکی دیگر، به تحلیل اطلاعات بپردازد. سهولت ثبت و ذخیره‌سازی اطلاعات آزمون‌ها و امکان مقایسهٔ هر یک از پارامترهای در نرم‌افزار بیوفیدبک از امتیازهای ویژهٔ این برنامه است. امکان طراحی آزمون‌های زمان عکس‌العمل و تنوع گزینه‌ها در اندازه، رنگ زمینه، تصویر هدف و نیز انتخاب صوت و تعداد تکرار نمایش هدف، محقق را قادر می‌کند تا با طراحی انواع مختلفی از آزمون‌ها، به تحقیقات زیادی بپردازد؛ بنابراین در نرم‌افزار زمان عکس‌العمل محقق می‌تواند آزمون را طراحی و تا مرحلهٔ تحلیل آماری از این نرم‌افزار استفاده نماید.

منابع:

۱. شریف نژاد، ع. بهرام، ع.، ۱۳۸۵، طراحی و ساخت و پایایی سنجی دستگاه اندازه گیری عملکرد حرکت.، پژوهش در ورزشی،۹: ۲۹- ۴۴.

2. Huang, H., S.L. Wolf, and J. He, (2006). Recent developments in biofeedback for neuromotor rehabilitation. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 3(11):1-12.
3. MacKenzie, I.S., R. Chung-Wei P. (1998). 8051 Microcontroller, ed. 3rd, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
4. Sommer, M., et al. (2001). Time Course of Determination of Movement Direction in the Reaction Time Task in Humans. J Neurophysiol, 86(3):1195-1201.
5. Anderson, R., A.J. Harrison, and G.M. Lyons. (2005). Accelerometry based ipsative biofeedback to improve kinematic consistency and performance in rowing. Sports Biomech., 4(2):179-95.
6. Dozza, M., et al. (2005). Influence of a portable audio-biofeedback device on structural properties of postural sway. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2(1):1-12.
7. Tucker, M.G., et al. (2008). Age-related differences in postural reaction time and coordination during voluntary sway movements. Human Movement Science, 27:728–737.
8. Davranche, K., et al. (2006). Physical exercise facilitates motor processes in simple reaction time performance: An electromyographic analysis. Neuroscience Letters, 396(1):54-56.
9. Lincoln, C.E. and D.M. Lane. (1980). Reaction time measurement errors resulting from the use of CRT display. Behavior Research Methods & Instrumentation, 12(1):55-57.

پرتال جامع علوم انسانی