

تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام و نرخ ضربان قلب

عاطفه گشوارپور^۱، دکتر سعید راحتی قوچانی^۲، عاتکه گشوارپور^۳، دکتر وحید سعادتیان^۳

نویسنده‌ی مسئول: مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی ateke.goshvarpour@gmail.com

دریافت: ۸۹/۱۰/۱۸ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: مدیتیشن به عنوان یک روش کمک درمانی در مدیریت بیماری‌های روانپزشکی (نظیر اضطراب و افسردگی) و حفظ سلامت ذهن مورد توجه قرار گرفته است. تاکنون براساس ویژگی‌های سیگنال‌های بیولوژیکی در هیچ یک از مطالعات، شاخصی برای تخمین عمق مدیتیشن ارائه نشده است. از آنجا که تخمین عمق مدیتیشن می‌تواند به کنترل سطوح مختلف عمق مدیتیشن و همچنین بازخورد به فرد برای رسیدن یا باقی ماندن به سطح مطلوبی از عمق مدیتیشن به‌کار رود، از این رو در این تحقیق شاخصی از عمق مدیتیشن براساس ویژگی‌های سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام و نرخ ضربان قلب ارائه شد.

روش بررسی: بدین منظور، سیگنال‌های نرخ ضربان قلب و الکتروانسفالوگرام در سه کانال Fz ، Cz و Pz در هنگام مدیتیشن و قبل از آن در قالب دو مجموعه داده‌ی مجزا از ۲۵ نفر زن جمع‌آوری شد. سپس براساس ویژگی توان نسبی آلفای سیگنال الکتروانسفالوگرام و ویژگی زمانی نرخ ضربان قلب الگوریتمی پیشنهاد گردید تا عمق‌های مختلف مدیتیشن را تخمین بزند.

یافته‌ها: تحلیل سیگنال‌های بیولوژیکی با استفاده از این الگوریتم نشان داد که از بین ۲۵ فرد شرکت‌کننده، ۲۲ نفر به عمیق‌ترین سطح مدیتیشن خود رسیدند و دو نفر از گروه مبتدی و یک نفر از گروه باتجربه با راهنمایی مربی نتوانسته‌اند به عمیق‌ترین سطح مدیتیشن خود برسند. این نتایج با تحلیل پرسشنامه نیز تأیید می‌گردد.

نتیجه‌گیری: الگوریتم پیشنهادی، دارای خصوصیات نظیر امکان کالیبره شدن برای هر فرد و همچنین عدم نیاز به حجم محاسباتی بالا و زمان زیاد برای اجرا بود.

واژگان کلیدی: الکتروانسفالوگرام، تخمین، قدرت فرکانس، قلب و سیگنال، عمق مدیتیشن

مقدمه

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای بر کنترل برخی بیماری‌های ذهنی و فیزیکی با استفاده از مدیتیشن و اثرات آن بر ذهن صورت گرفته است (۷-۲). همچنین مدیتیشن

مدیتیشن معمولاً به‌عنوان یک روش کمک درمانی در نظر گرفته می‌شود. هدف تکنیک‌های مدیتیشن ایجاد و حفظ تعادل سلامت بین تمام جنبه‌های جسمی و ذهنی است (۱).

۱- کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی

۲- دکترای تخصصی مخابرات، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مهندسی برق

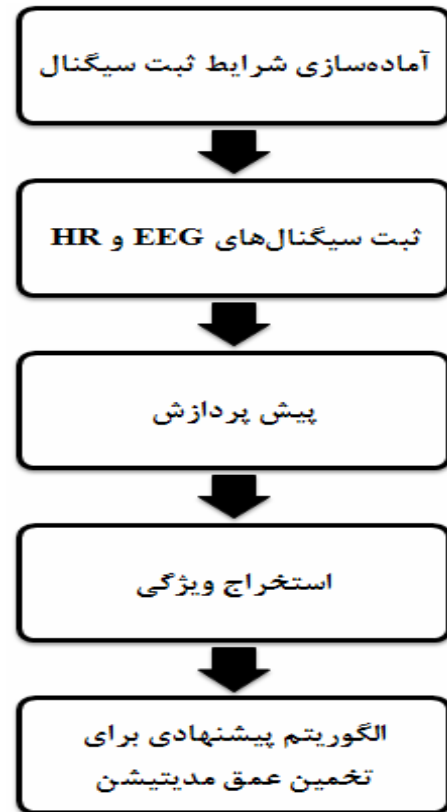
۳- دکترای تخصصی روانپزشکی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه روانپزشکی

به عنوان روشی در مدیریت بیماری‌های روانپزشکی (نظیر اضطراب و افسردگی) و حفظ سلامت ذهن مورد توجه قرار گرفته است (۸). تحقیقات نشان داده است که از نظر فیزیولوژیکی مدیتیشن موجب کاهش فعالیت متابولیک می‌شود، ائتلاف و نظم را در عملکرد مغز بالا می‌برد، مقاومت عروق محیطی را کاهش و جریان خون مغزی را افزایش می‌دهد (۹). به علاوه، با خواب یا آرام‌سازی ساده متفاوت است. این تکنیک بهبودهایی در سلامت روان ایجاد می‌کند و ویژگی‌های مثبت را افزایش و اضطراب‌های دارای منشا روانشناختی را کاهش می‌دهد (۹ و ۱۰). با توجه به مزایای فراوان مدیتیشن، مطالعات علمی بر این پدیده حایز اهمیت است. تحقیقات بسیاری در زمینه‌ی مدیتیشن انجام شده است. هر چند این مطالعات آموزنده و حاوی اطلاعات مفیدی هستند، اما بیشتر بر جنبه‌های پزشکی آن محدود شده‌اند یا به روش‌های پردازشی ساده و ویژگی‌های استخراجی تکراری و مشخص اکتفا نموده‌اند. هدف تعدادی از مطالعات، طبقه‌بندی یا دسته‌بندی اثرات مشاهده شده در هنگام مدیتیشن بوده است. اما آن‌ها تنها توانسته‌اند تغییرات کلی در سیگنال‌های بیولوژیکی نظیر الکتروانسفالوگرام را در هنگام مدیتیشن تخمین بزنند. به عنوان مثال، تکنیک‌های مختلف مدیتیشن با تعداد افراد شرکت‌کننده از ۱ نفر تا بیشتر از ۵۰ نفر (متشکل از مبتدی‌ها و افراد باتجربه) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۱۱-۱۳). در مطالعات متعددی نشان داده شده است که مدیتیشن وابسته به حالتی است که در آن ریتم آلفا آهسته‌تر شده و توان آلفا افزایش می‌یابد (۱۷-۱۴). از آنجا که این اثر مستقل از تکنیک مدیتیشن و میزان تجربه افراد است، می‌تواند به عنوان یک تغییر مینا در هنگام مدیتیشن در نظر گرفته شود. همچنین در الگوی امواج مغزی مدیتاتورهای باتجربه، قطارهایی از ریتم‌های غالب تتا (۵ تا ۷ سیکل بر ثانیه) مشاهده می‌شود، که در آن مدت مدیتاتورها آرامش و تجارب خوشایند همراه با آگاهی از خود

را گزارش کرده‌اند (۱۹ و ۱۸، ۱۵، ۱۴، ۱۱). بسیاری از مطالعات الکتروفیزیولوژیکی، فعالیت قلب را در هنگام چند تکنیک مدیتیشن بررسی کرده‌اند، آن‌ها نشان داده‌اند که افراد مدیتیت شده دارای نرخ ضربان قلب پایین‌تری هستند (۲۲-۲۰، ۳). در هیچ یک از این مطالعات، شاخصی از سیگنال‌های بیولوژیکی برای تخمین سطوح مختلف مدیتیشن ارائه نشده است. برای تخمین عمق مدیتیشن دو شکل اندازه‌گیری می‌تواند ایجاد شود: (۱) طراحی و تدوین پرسشنامه، (۲) ایجاد اندیس یا شاخص. شاخص برای علامت‌گذاری سطوحی است که در عمق‌های مختلف مدیتیشن تجربه می‌شود. تحلیل پرسشنامه نشان می‌دهد که سه عامل مختلف در مدیتیشن عمیق نقش دارند: (۱) آرام‌سازی بدن و ذهن (این عامل شامل مواردی است که کاهش استرس‌های هیجانی، تفکرات، اندیشیدن و همچنین کاهش نرخ تنفس و کاهش کشش عضلانی را در بر می‌گیرد). (۲) تجربه‌ی درونی (این عامل احساسات مثبت از قبیل خوشحالی، مسرت و تجربه ارتباط با نیروی بالاتر، احساس متحد شدن با دیگران و درون خود و تجربه‌ی انرژی و نور را در بر می‌گیرد). و (۳) عامل نیروانا (این عامل شامل ناپدید شدن تفکرات، احساسات، حواس و حتی ضمیر خود می‌شود، نتیجه‌ی آن حالت هوشیاری خالص و جذب عمیق است) (۲۳). نویسنده نتیجه‌گیری می‌کند که این عوامل دارای رتبه‌های یکسانی نیستند. اگرچه، تاکنون برای تحلیل عمق مدیتیشن پرسشنامه‌هایی ایجاد شده است (۲۴ و ۲۳)، اما در هیچ مطالعه‌ای شاخصی برای تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از ویژگی‌های سیگنال‌های بیولوژیکی ارائه نگردیده است. سوال اصلی این است که آیا می‌توان شاخصی شکل داد که سطوح مختلف عمق مدیتیشن را با ارزیابی سیگنال‌های حیاتی از هم متمایز نماید؟ از آنجا که تخمین عمق مدیتیشن می‌تواند به کنترل سطوح مختلف عمق مدیتیشن و همچنین آموزش یا بازخورد به فرد برای رسیدن یا باقی ماندن به سطح مطلوبی از

افراد سالم بوده، سابقه‌ی بیماری قلبی - عروقی و تنفسی نداشتند. از افراد خواسته شد دو ساعت قبل از شروع ثبت غذاهای چرب، سنگین یا شور مصرف نکنند. تمام ثبت‌ها در ساعات ۱۰ تا ۱۴، قبل از صرف ناهار انجام شد. فرآیند ثبت شامل دو مرحله‌ی ۵ دقیقه‌ای قبل از مدیتیشن در حالت نشسته با چشمان بسته و ۱۵ دقیقه‌ای در هنگام مدیتیشن بود. برای انجام مدیتیشن از افراد خواسته شد که بر روی یک بالشک به ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر که بر روی یک تشکچه قرار گرفته، بنشینند. پاهای افراد به صورت ضربدری قرار می‌گرفت (وضعیت لوتوس یا نیمه لوتوس). آن‌ها باید قفسه سینه‌ی خود را صاف نگه می‌داشتند اما نباید هیچ فشاری بر آن وارد می‌شد. همچنین از آن‌ها خواسته شد که در هنگام مدیتیشن در حالت آرامش با چشمان بسته بنشینند و توجه خود را بر تنفس متمرکز کنند (یک گروه از افراد باتجربه و مبتدی با راهنمایی مربی و گروه دیگر از افراد باتجربه، مدیتیشن را بدون راهنمایی مربی انجام دادند). پس از ثبت از آن‌ها خواسته شد که پرسشنامه‌ی خوداظهاری تخمین عمق مدیتیشن (۲۴) را به دقت پر کنند. در این تحقیق برای ثبت سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرام و الکتروکاردیوگرام از سیستم PowerLab شانزده کاناله (ADInstruments)، موجود در گروه مهندسی پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد استفاده شد. ثبت سیگنال‌ها در کلینیک مدیتیشن در مشهد صورت پذیرفت (۲۶ و ۲۵). برای ثبت سیگنال از دو تقویت کننده‌ی زیستی استفاده شد. در ثبت سیگنال الکتروکاردیوگرام، از الکترودهای سطحی خودچسبنده Ag-AgCl یکبار مصرف و برای ثبت سیگنال الکتروآنسفالوگرام از کلاه EEG استفاده شد. به منظور پوشش دادن کل نواحی مغزی، الکترودهای ثبت EEG مطابق با سیستم ۲۰-۱۰ در مکان‌های Fz، Cz و Pz با مرجع‌دهی به نرمة‌ی گوش چپ و راست قرار گرفتند. به‌طور همزمان سیگنال الکتروکاردیوگرام از لید I ثبت شد. برای ثبت سیگنال

عمق مدیتیشن به‌کار رود، از این رو در این تحقیق هدف ارایه‌ی شاخصی از عمق مدیتیشن بود که براساس ویژگی‌های سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرام و نرخ ضربان قلب تخمین زده شود.



شکل ۱: نمودار جعبه‌ای مراحل انجام تحقیق

روش بررسی

جمع‌آوری داده: در این مطالعه، سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرام و نرخ ضربان قلب ۲۵ نفر جمع‌آوری شد که همگی زن بودند. ۱۰ نفر از بین مدیتاتورهای باتجربه (۵ تا ۷ سال تمرین مدیتیشن، با میانگین سن $37/8 \pm 6/39$) انتخاب شدند. آن‌ها بدون راهنمایی مربی و ۱۵ نفر (۱۱ نفر باتجربه، با میانگین سن $40/18 \pm 7/19$ و ۴ نفر بدون تجربه‌ی مدیتیشن، با میانگین سن $25/5 \pm 1/91$) با راهنمایی مربی مدیتیشن را انجام دادند. تمام افراد در بازه سنی ۲۴ تا ۵۳ سال بودند. این

شاخص عمق مدیتیشن: توان نسبی آلفا (RP_{Alpha}) در سه کانال Fz, Cz و Pz محاسبه شد. حاصل جمع توان نسبی آلفا در این سه کانال در حالت نشسته با چشمان بسته (قبل از مدیتیشن) به عنوان مبنا ($RP_{Alpha}(pre)$) در نظر گرفته شد.

چنانچه حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Fz, Cz و Pz در هنگام مدیتیشن بیشتر از ۱/۵ برابر مقدار مبنای آن باشد، فرض می‌شود که فرد در حالت مدیتیشن عمیق قرار دارد. چنانچه حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Fz, Cz و Pz در هنگام مدیتیشن کمتر از ۱/۵ برابر مقدار مبنا اما بیشتر از مقدار مبنا باشد، فرض می‌شود که فرد در حالت میانه قرار دارد و چنانچه حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Fz, Cz و Pz در هنگام مدیتیشن کمتر از مقدار مبنا باشد، فرض می‌شود که فرد در حالت مدیتیشن سبک قرار گرفته است. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که میانگین نرخ ضربان قلب در هنگام مدیتیشن نسبت به قبل از آن کاهش می‌یابد، تغییرات آن منظم و ریتمیک‌تر شده و دامنه‌ی تغییرات آن نسبت به قبل از مدیتیشن افزایش می‌یابد (۲۰ و ۲۲). به منظور بررسی دقیق‌تر این موضوع که آیا فرد در یک حالت تعیین شده به وسیله‌ی توان نسبی آلفا از سیگنال الکتروانسفالوگرام قرار دارد یا نه، میانگین نرخ ضربان قلب فرد نیز به عنوان پارامتری مؤثر بر تخمین عمق مدیتیشن در نظر گرفته شد. بنابراین، چنانچه مقدار میانگین نرخ ضربان قلب در هنگام مدیتیشن نسبت به قبل از آن کاهش داشته باشد، فرض می‌شود که حالت تعیین شده از روش حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Fz, Cz و Pz درست است و چنانچه میانگین نرخ ضربان قلب در هنگام مدیتیشن نسبت به قبل از آن افزایش یابد، آنگاه عمق تخمینی برای فرد به یک سطح پایین‌تر کاهش می‌یابد (شکل ۲).

اگرچه سیگنال مغزی به تنهایی می‌تواند تا حدودی برای تفکیک حالات مدیتیشن به کار رود، اما چون در مدیتیشن فرد بر تنفس خود تمرکز می‌نماید، و از آنجایی که نوسانات تنفس

الکتروانسفالوگرام فیلتر بالاگذر ۰/۱ هرتز، فیلتر پایین‌گذر ۵۰ هرتز و فیلتر ناچ (برای حذف نویز برق شهر) در سخت‌افزار سیستم فعال شد. در ثبت سیگنال الکتروکاردیوگرام از فیلتر بالاگذر ۰/۱ هرتز، فیلتر پایین‌گذر ۲۰۰ هرتز و فیلتر ناچ (برای حذف نویز برق شهر) استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار ثبت سیگنال، Chart5، سیگنال نرخ ضربان قلب از روی سیگنال الکتروکاردیوگرام به‌طور همزمان استخراج گردید (نرخ ضربان قلب از تقسیم عدد ۶۰ بر فاصله‌ی دو موج متوالی R به دست آمد). در این تحقیق، نرخ نمونه‌برداری ۴۰۰ هرتز انتخاب شد. رزولوشن مبدل آنالوگ به دیجیتال دستگاه ۲۴ بیت بود (۲۶ و ۲۵).

تحلیل داده: برای سیگنال الکتروانسفالوگرام پنج باند فرکانس اصلی تعریف شد. جدول ۱ باندهای فرکانسی اصلی را نشان می‌دهد. توان نسبی هر باند از تقسیم توان آن باند فرکانسی بر توان کل فرکانس‌های طیف سیگنال به دست آمد.

جدول ۱: پنج باند فرکانسی اصلی در سیگنال الکتروانسفالوگرام

باند فرکانسی	محدوده‌ی فرکانسی [Hz]
دلتا، δ	۰/۵-۴
تتا، θ	۴-۸
آلفا، α	۸-۱۳
بتا، β	۱۳-۳۰
گاما، γ	۳۰-۷۰

$$RP_{alpha}(pre) = \quad (1)$$

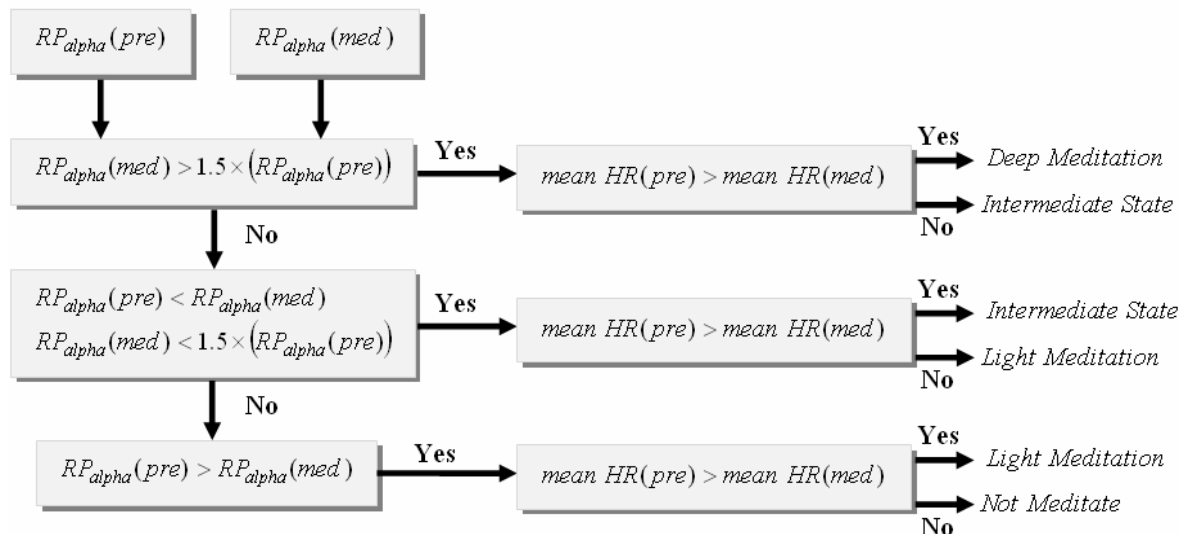
$$RP_{alpha,Fz}(pre) + RP_{alpha,Cz}(pre) + RP_{alpha,Pz}(pre)$$

$$RP_{alpha}(med) = \quad (2)$$

$$RP_{alpha,Fz}(med) + RP_{alpha,Cz}(med) + RP_{alpha,Pz}(med)$$

مطلوب تری ارایه خواهد داد. هرچند در این حالت پیچیدگی سیستم افزایش می یابد.

بر سیگنال نرخ ضربان قلب مدوله می شود، بنابراین ترکیب ویژگی های نرخ ضربان قلب با سیگنال های مغزی نتایج

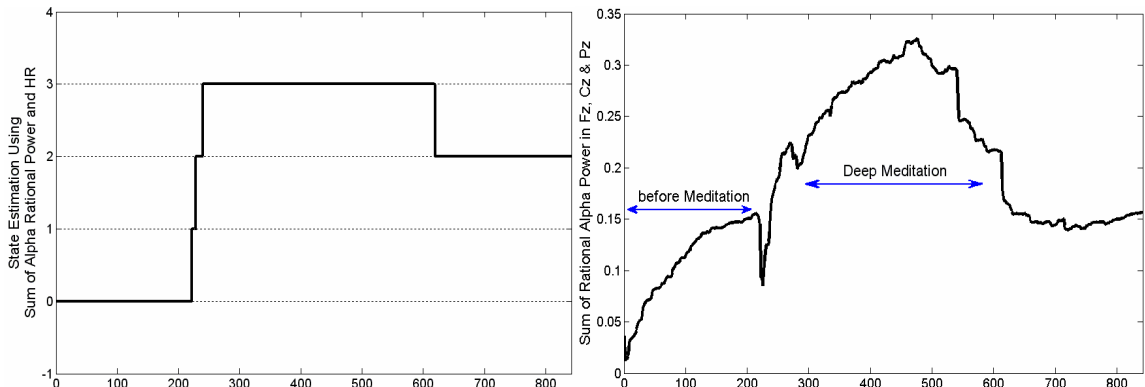


شکل ۲. بلوک دیاگرام پیشنهادی برای تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Cz، Fz و Pz سیگنال الکتروانسفالوگرام و میانگین نرخ ضربان قلب

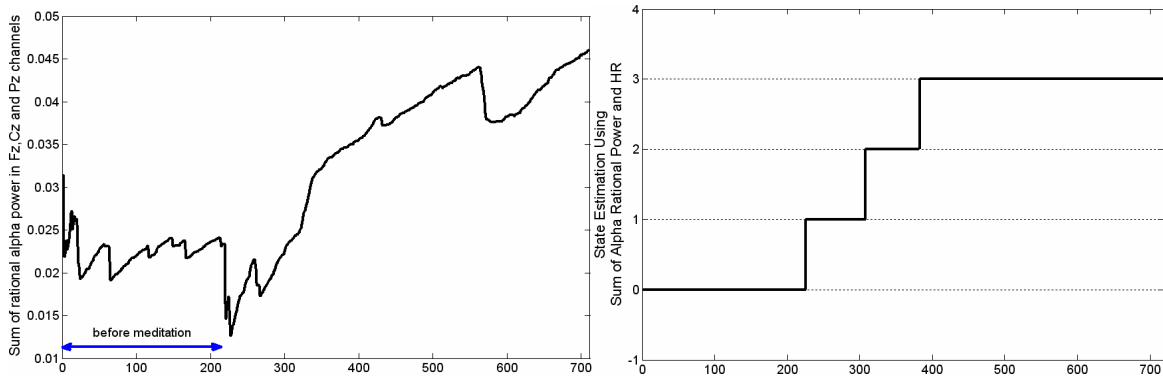
مقادیر بسیار کوچک p ($P < 0.05$)، بیانگر متفاوت بودن میانگین و مراکز توان نسبی باند آلفا در دو حالت قبل و در هنگام مدیتیشن است. عمق های مختلف مدیتیشن بر اساس الگوریتم پیشنهادی (شکل ۲) تخمین زده شده است. نمودارهای ۱ ب و ۴ ب این حالات مختلف را نشان می دهد. نمودار ۳ حاصل جمع توان های نسبی آلفا و عمق تخمینی را برای یک شرکت کننده مبتدی نشان می دهد. این فرد در پرسشنامه ی خوداظهاری خود اعلام داشته است که نتوانسته به خوبی فرامین مربی را در هنگام مدیتیشن انجام دهد. اگرچه حاصل جمع توان نسبی آلفا در سه کانال Cz، Fz و Pz نشان می دهد که فرد در لحظاتی از تمرین مدیتیشن از نظر ذهنی به عمیق ترین سطح مدیتیشن رسیده، اما به کارگیری سیگنال نرخ ضربان قلب به همراه سیگنال EEG بیانگر آن است که فرد تنها به سطوح میانی مدیتیشن وارد شده است.

یافته ها

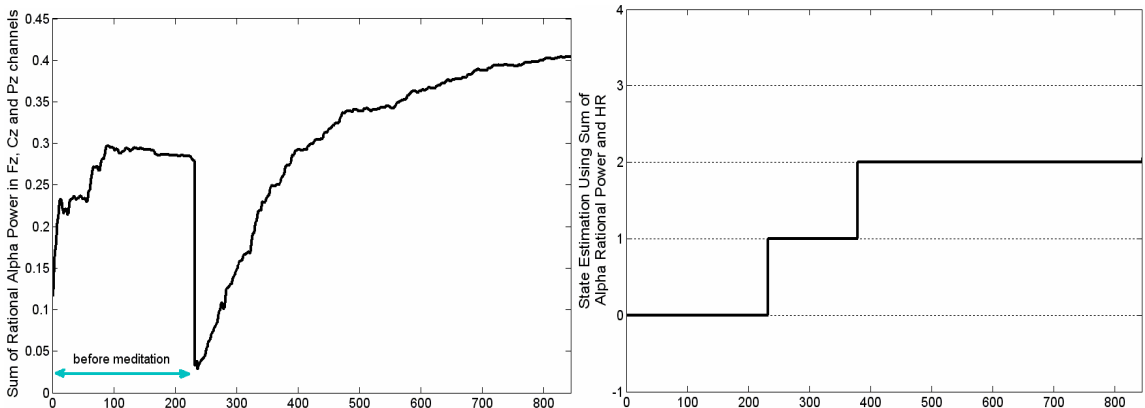
در این مطالعه، توان نسبی آلفا (نسبت توان آلفا به توان کل) از سه کانال الکتروانسفالوگرام (Cz، Fz و Pz) در پنجره هایی به طول ۲/۵ ثانیه با اورلپ ۵۰ درصد استخراج گردید. برای محاسبه ی این توان ها از فیلتر چبی شف نوع ۱ با میزان تضعیف ۲۰ دسی بل در باند توقف و ماکزیمم ریپل ۱/۵ در باند عبور استفاده شد. مرتبه ی فیلتر توسط نرم افزار MATLAB تخمین زده شد. نمودار ۱ الف و ۴ الف حاصل جمع توان های نسبی آلفا در کانال Cz، Fz و Pz سیگنال الکتروانسفالوگرام را قبل و در هنگام مدیتیشن نشان می دهد. توان نسبی آلفا در بازه ای از زمان انجام مدیتیشن نسبت به قبل از آن (به جز از دو نفر: یک نفر از گروه مبتدی و یک نفر از گروه باتجربه که با راهنمایی مربی مدیتیشن را انجام داده اند) افزایش داشته است. به منظور آشکار ساختن اختلاف توان نسبی باند آلفا در دو مجموعه داده قبل و در هنگام مدیتیشن، آزمون های T و ویلکاکسون به کار گرفته شد.



نمودار ۱: الف: حاصل جمع توان نسبی آلفا در کانال‌های Fz ، Cz و Pz سیگنال الکتروآنسفالوگرام در دو حالت قبل و در هنگام مدیتیشن (داده ۲۰). ب: تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از سیگنال الکتروآنسفالوگرام و نرخ ضربان قلب. محور عمودی نشان دهنده عمق‌های مختلف مدیتیشن است (سطح ۰: قبل از مدیتیشن، ۱: مدیتیشن سبک، ۲: حالت میانه ۳: مدیتیشن عمیق). محور افقی شماره پنجره‌هایی که در آن سیگنال پردازش شده است (داده ۲۰).



نمودار ۲: الف: حاصل جمع توان نسبی آلفا در کانال‌های Fz ، Cz و Pz از سیگنال الکتروآنسفالوگرام (داده ۵). ب: تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از سیگنال الکتروآنسفالوگرام و میانگین نرخ ضربان قلب (داده ۵).



نمودار ۳: الف: حاصل جمع توان نسبی آلفا در کانال‌های Fz ، Cz و Pz از سیگنال الکتروآنسفالوگرام (داده ۱۴). ب: تخمین عمق مدیتیشن با استفاده از سیگنال الکتروآنسفالوگرام و میانگین نرخ ضربان قلب (داده ۱۴).

بحث

در هنگام مدیتیشن آرامش فیزیکی و ذهنی حاصل می‌شود که دارای اثرات فیزیولوژیکی نظیر افزایش فعالیت آلفا و تتای EEG، افزایش مقاومت پوستی، کاهش نرخ تنفس، کاهش مصرف اکسیژن، کاهش سطوح لاکتیت شریانی و کاهش فعالیت سمپاتیک است (۲۹-۲۷ و ۱۷-۱۴). رابطه‌ی معکوسی میان فعالیت آلفای EEG و فعالیت ذهنی وجود دارد (۳۰). بنابراین افزایش فعالیت آلفا بیان‌گر کاهش فعالیت قشری مغز و افزایش آرامش است. در این تحقیق الگوریتمی پیشنهاد گردید که براساس تحلیل ویژگی‌های سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام و نرخ ضربان قلب بتواند عمق‌های مختلف مدیتیشن را تخمین بزند. در طراحی این الگوریتم موارد زیر در نظر گرفته شد. یکی از کاربردهای تخمین عمق مدیتیشن، بازخورد آن به فرد است تا بتواند در سطح مورد نظر از مدیتیشن قرار گیرد. بنابراین الگوریتم پیشنهادی باید نیاز به زمان زیاد برای اجرا و حجم محاسباتی بالا نداشته باشد تا به‌صورت آنالین عمق مدیتیشن را نشان دهد. از این رو علی‌رغم آن‌که ویژگی‌های غیرخطی سیگنال اطلاعات مفیدی در زمینه‌ی دینامیک‌های نهفته در آن فراهم می‌سازد، اما به علت حجم محاسباتی بالا و زمان اجرای زیاد، در این کاربرد مناسب نمی‌باشد. در مطالعات انجام شده بر مکان هندسی آناتومیکی عصبی فعال در هنگام مدیتیشن (۱۵ و ۱۴، ۱۱)، به‌طور قطعی تعیین نشده است که در هنگام مدیتیشن کدام ناحیه‌ی مغزی فعال می‌شود. از این رو در این تحقیق کانال‌هایی انتخاب شد که علاوه بر پوشش دادن نواحی سر در مکان‌های کلی و فراگیر (Global)، شرکت داشتن این نواحی در هنگام مدیتیشن در مطالعات قبلی (۳۴-۳۱) نیز تأیید شده باشد. در نتیجه کانال‌های پیشانی، مرکزی و آهیانه در امتداد خط میانی سر (Fz، Cz و Pz) انتخاب شده است. استفاده همزمان از تمام اطلاعات این سه کانال این مزیت را

دارد که اطلاعات جامع‌تری از سیستم دینامیکی مغز در مقایسه با اطلاعات استخراج شده از یک کانال فراهم گردد. اگرچه سیگنال مغزی می‌تواند تا حدودی برای تفکیک حالات مدیتیشن به‌کار رود، اما چون در مدیتیشن فرد بر تنفس خود تمرکز می‌نماید و از آن‌جایی که نوسانات تنفس بر سیگنال نرخ ضربان قلب مدوله می‌شود، بنابراین ترکیب ویژگی‌های سیگنال مغزی با قلبی می‌تواند نتایج مطلوب‌تری ارائه دهد. هرچند در این حالت پیچیدگی سیستم افزایش می‌یابد. علاوه بر موارد فوق، از آن‌جا که تغییرات سیگنال‌های حیاتی نظیر الکتروانسفالوگرام و نرخ ضربان قلب در هر فرد متفاوت از فرد دیگر است؛ بنابراین باید الگوریتمی ارائه گردد که ثابت باشد و برای هر فرد کالیبره گردد. به منظور تحقق بخشیدن شرایط فوق، در این تحقیق الگوریتمی بر اساس تحلیل فرکانسی سیگنال الکتروانسفالوگرام و ویژگی زمانی سیگنال نرخ ضربان قلب (شکل ۲) پیشنهاد شد. نتایج تخمین عمق با استفاده از الگوریتم پیشنهادی با پرسشنامه‌ی خوداظهاری فرد (۲۴) مقایسه گردید. تحلیل سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام و نرخ ضربان قلب با استفاده از الگوریتم پیشنهادی اشاره بر آن دارد که از بین ۲۵ شرکت‌کننده، ۲۲ نفر به عمیق‌ترین سطح مدیتیشن خود رسیده‌اند و دو نفر از گروه مبتدی و یک نفر از گروه باتجربه با راهنمایی مربی نتوانسته‌اند به عمیق‌ترین سطح مدیتیشن خود برسند. نتایج به‌دست آمده از تحلیل الگوریتم پیشنهادی، مطابق با نتایج پرسشنامه‌ی خوداظهاری بود. برای اولین بار در مطالعه‌ی حاضر شاخصی برای تخمین عمق مدیتیشن ارائه شد. در این مطالعه برای یک تکنیک خاص الگوریتم تخمین عمق مدیتیشن ارائه گردید. در کارهای آتی می‌توان بررسی نمود که آیا الگوریتم پیشنهادی می‌تواند برای سایر تکنیک‌های مدیتیشن به‌کار رود. به علت مشکلات موجود در هنگام ثبت سیگنال‌های مغزی، پیشنهاد می‌شود که در کارهای آتی

عنوان یک سیستم کمک درمانی مفید واقع گردد.

تقدیر و تشکر

مراتب سپاس خود را از سرکار خانم دکتر مینو مروارید، مدیریت کلینیک مدیتیشن، و سرکار خانم شهلا خوش خلق که ما را در جمع‌آوری داده یاری نمودند، اعلام می‌داریم. همچنین از تمام دوستان و عزیزانی که در ثبت سیگنال شرکت نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

- 1- Javanbakht M, Kenari RH, Ghasemi M. Effects of yoga on depression and anxiety of women. *Complement Ther Clin Pract.* 2009; 15: 102-4.
- 2- Barnes VA, Davis HC, Murzynowski JB, Treiber FA. Impact of meditation on resting and ambulatory blood pressure and heart rate in youth. *Psychosom Med.* 2004; 66: 909-14.
- 3- Travis F, Haaga D, Hagelin J, et al. Effects of transcendental meditation practice on brain functioning and stress reactivity in college students. *Int J Psychophysiol.* 2009; 71: 170-6.
- 4- Sudsuang R, Chentanez V, Veluvan K. Effect of Buddhist meditation on serum cortisol and total protein levels, blood pressure, pulse rate, lung volume and reaction time. *Physiol Behav.* 1991; 50: 543-8.
- 5- Solberg EE, Ingjer F, Holen A, Sundgot-Borgen J, Nilsson S, Holme I. Stress reactivity to and recovery from a standardised exercise bout: a study of 31 runners practising relaxation techniques. *Br J Sports Med.* 2000; 34: 268-72.

برای تخمین عمق مدیتیشن از سیگنال‌هایی نظیر سیگنال قلبی، تنفس و مقاومت پوست استفاده گردد. در این تحقیق، شاخصی برای تخمین عمق مدیتیشن ارائه گردید، اما نیاز است که این شاخص اعتبارسنجی شود. همچنین، در کارهای آتی می‌توان پس از اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی، اقدام به طراحی تجهیزات بازخورد نمود (برای اینکه فرد بتواند در عمق مطلوب مدیتیشن باقی بماند و یا به عمق مطلوب برسد). این سیستم می‌تواند به

- 6- Matousek RH, Dobkin PL, Pruessner J. Cortisol as a marker for improvement in mindfulness-based stress reduction. *Complement Ther Clin Pract.* 2010; 16: 13-9.
- 7- Kabat-Zinn J, Massion AO, Kristeller J, et al. Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *Am J Psychiatry.* 1992; 149: 936-43.
- 8- Kelly BD. Meditation, mindfulness and mental health. *Ir J Psychol Med.* 2008; 25: 3-4.
- 9- Rubia K. The neurobiology of meditation and its clinical effectiveness in psychiatric disorders. *Biol Psychol.* 2009; 82: 1-11.
- 10- Pourmemari MH. Investigation of the impact of using Benson relaxation technique on anxiety and cardiac dysrhythmia of patients for cardiac catheterization. *J Zanjan Uni Med Sci.* 1995; 3: 40-9.
- 11- Takahashi T, Murata T, Hamada T, et al. Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits. *Int J Psychophysiol.* 2005; 55: 199-207.

- 12- Travis F. Autonomic and EEG patterns distinguish transcending from other experiences during transcendental meditation practice. *Int J Psychophysiol.* 2001; 42: 1-9.
- 13- Goshvarpour A, Rahati S, Saadatian V. Correlation between frequency bands of electroencephalogram signals and heart rate during meditation. Paper presented at 17th Iranian Conference of Biomedical Engineering. (ICBME). 2010: Isfahan; Iran.
- 14- Kubota Y, Satob W, Toichi M, et al. Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. *Cog Brain Res.* 2001; 11: 281-7.
- 15- Aftanas LI, Golocheikine SA. Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neurosci Lett.* 2001; 310: 57-60.
- 16- Gevins A, Smith ME, McEvoy L, Yu D. High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cereb Cort.* 1997; 7: 374-85.
- 17- Osaka M. Peak alpha frequency of EEG during a mental task: task difficulty and hemispheric differences. *Psychophysiol.* 1983; 21: 101-5.
- 18- Murata T, Koshino Y, Omori M, et al. Quantitative EEG study on Zen meditation (zazen). *Jpn J Psychiatry Neurol.* 1994; 48: 881-90.
- 19- Cahn BR, Polich J. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychol Bull.* 2006; 132: 180-211.
- 20- Goshvarpour A, Goshvarpour A, Rahati S. Analysis of lagged Poincare plots in heart rate signals during meditation. *Digital Signal Processing.* 2011; 21: 208-14.
- 21- Phongsuphap S, Pongsupap Y, Chandanamattha P. Changes in heart rate variability during concentration meditation. *Int J Cardiol.* 2008; 130: 481-84.
- 22- Goshvarpour A, Rahati S, Saadatian V. Analysis of heart rate signals during meditation. Paper presented at 2nd National Electrical Engineering Conference (NEEC). 2010. Najaf-Abad, Isfahan, Iran.
- 23- Piron H. The meditation depth index (MEDI) and the meditation depth questionnaire (MEDEQ). *J Meditation Res.* 2001; 1: 69-92.
- 24- Ott U. The EEG and the depth of meditation. *J Meditation Res.* 2001; 1: 55-68.
- 25- Goshvarpour A, Rahati S, Saadatian V. Estimating depth of meditation using electroencephalogram and heart rate signals [Dissertation]. Mashhad. Islamic Azad University; 2010.
- 26- Goshvarpour A, Rahati S, Saadatian V. Analysis of electroencephalogram and heart rate signals during meditation using Hopfield neural network [Dissertation]. Mashhad Islamic Azad University of Iran. 2010.
- 27- Goshvarpour A, Goshvarpour A, Rahati S, Saadatian V. Reconstruction and analysis of

respiration patterns from electrocardiogram signals during meditation. Paper presented at Patients Care & Treatment by Complementary & Alternative Medicine. 2010. Isfahan, Iran.

28- Sharma R. Meditation and mental well being. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2006; 50: 205-14.

29- Ivanovski B, Malhi GS. The psychological and neurophysiological concomitants of mindfulness forms of meditation. *Acta Neuropsychiat*. 2007; 19: 76-91.

30- Austin JH. Zen-brain reflections: reviewing recent developments in meditation and states of consciousness. London, England: MIT Press; 2006.

31- Lazar SW, Bush G, Gollub RL, Fricchione GL, Khalsa G, Benson H. Functional brain

mapping or the relaxation response and meditation. *Neuroreport*. 2000; 11: 1581-5.

32- Newberg B, Iversen J. The neural basis of the complex mental task of meditation: neurotransmitter and neurochemical considerations. *Med Hypoth*. 2003; 61: 282-91.

33- Aftanas LI, Golocheikine SA. Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation. *Neurosci Lett*. 2002; 330: 143-6.

34- RenuMadhavi CH, Ananth AG, Estimation of approximate entropy of heart rate variability of healthy subjects and investigation of the effect of meditation on it. Paper presented at International Conference on Signal Acquisition and Processing (ICSAP). 2010. Washington DC, USA.

Estimating the Depth of Meditation Using Electroencephalogram and Heart Rate Signals

Goshvarpour A¹, Rahati Ghoochani S², Goshvarpour A¹, Saadatian V³

¹Dept. of Biomedical Engineering, Islamic Azad University (IAU), Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

²Dept. of Electrical Engineering, IAU, Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

³Faculty of Medicine, Dept. of Psychiatry, IAU, Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

Corresponding Author: Goshvarpour A, Dept. of Biomedical Engineering, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

E-mail: ateke.goshvarpour@gmail.com

Received: 8 Jan 2011 **Accepted:** 9 Jan 2012

Background and Objective: Meditation is commonly perceived as an alternative medicine management tool for psychological diseases such as depression and anxiety disorders. To our knowledge, there is no published study providing an index for estimating meditation's depth from biological signals. Estimating the depth of meditation can be useful in controlling its different levels, and it can be used as a biofeedback technique to help a person achieve the desired state of meditation. In this study, an index for meditation depth is offered using the features of electroencephalogram and heart rate signals.

Material and Methods: For this purpose, EEG signals in Fz, Cz, and Pz channels, and the heart rate time series of 25 healthy women were collected both before and during the meditations. The algorithm is suggested based on the rational alpha power of EEG signals and the time domain feature of the heart rate to estimate the depth of meditation.

Results: The analysis of biological signals using this method suggests that 22 of the 25 participants have experienced the deepest meditation state. Interestingly, 2 of the beginners as well as one expert-meditators could not reach the deepest state by following up the master mediator. These results were in line with the evaluation of the questionnaire.

Conclusions: The suggested algorithm has some practical characteristics including: the option of being calibrated for each subject; not requiring high-volume calculations; and it does not take much time.

Keywords: *Electroencephalogram, Estimate, Frequency powers, Heart rate signals, Meditation depth*