Investigation of the effects of stress on microtremors' activity and vocal folds' physiology

Taheri Sadr M[1*], Nasirzonouzi M[2], Mehdizadeh Tazangi A[3], Madanpasandi A[4]

[1]Research Center of Biomedical Physics and Engineering, Shiraz University of Medical Sciences,
[2]Shiraz, Iran, Azad 2University of Tabriz, Tabriz, Iran
[3]Research Center of Biomedical Physics and Engineering, Shiraz university of Medical Sciences, Shiraz, Iran,
[4]Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Background: Stress directly affects the function of body organs, such as muscles. Vocal folds are also among the muscles which can be impressed by being stressed out. Sound production is directly influenced by the vocal folds' function. Thus, the present study aimed to investigate stress using the infrasonic sound signals. The results of the investigation can be used in lie detection processes.

Methods: The study sample included 16 volunteers who were in normal or imposed stress conditions. The subjects were assessed regarding the amplitude average and zero crossing.

Results: The results showed a decrease in the average amplitude and number of zero crossings in the stressed subjects compared to the normal ones. Besides, the mean of decrease in the amplitude average and the number of zero crossings was 24% and 5.7%, respectively.

Conclusion: The results showed that this procedure could be used in stress assessment and deception detection with acceptable accuracy.

Keywords: Stress, vocal folds, microtremors, Zero crossing

Sadra Med Sci J 2013; 1(3): 207-214
Received: Mar. 10, 2013
Accepted: Mar. 1st, 2013

* Corresponding Author: Taheri Sadr Mojtaba. Research Center of Biomedical Physics and Engineering, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran, Taherisadr1@yahoo.com

مقاله کوتاه
(Short Communication)

مجـــــله علمی علـــــوم پزشکی صدرا
دوره ۱، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۲۰۷ تا ۲۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۳۱ تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۰

بررسی تاثیر استرس روی فعالیت میکروترومورها و فیزیولوژی تارهای صوتی

مجتبی طاهری صدر*[۱]، مونا نصیرزنوزی[۲]، علیرضا مهدیزاده تزنگی[۳]، آیسان معدن پسندی[۴]

[۱]دانشگاه علوم پزشکی شیراز، مرکز تحقیقات فیزیک و مهندسی پزشکی
[۲]دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، دانشکده مهندسی پزشکی
[۳]دانشگاه علوم پزشکی شیراز، مرکز تحقیقات فیزیک و مهندسی پزشکی
[۴]دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، دانشکده مهندسی پزشکی

چکیده

مقدمه: استرس روی عملکرد بسیاری از اندام‌ها از جمله عضلات تاثیر مستقیم می‌گذارد و این تاثیر تارهای صوتی را که از جنس عضله هستند نیز شامل می‌شود. تولید صوت نیز بصورت مستقیم تحت تاثیر عملکرد تارهای صوتی است. هدف از این مطالعه بررسی استرس با استفاده از بخش فروصوت سیگنال صوت بود که می‌توان از این بررسی در فرایند دروغ سنجی بهره برد.

مواد و روش: نمونه‌ها از ۱۶ نفر در وضعیت آسوده و در وضعیت استرس تحمیلی دریافت و مقایسه شدند. معیارهای بررسی شده برای نمونه‌های دریافتی متوسط دامنه و تعداد عبور از صفر بودند.

یافته ها: بررسی‌ها برای هر دو معیار، کاهش را در حالت استرس نسبت به حالت آسوده نشان داد. برای متوسط دامنه بطور میانگین ۲۴٪ کاهش و برای تعداد عبور از صفر بطور میانگین ۵/۷٪کاهش بدست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که می‌توان با دقت قابل قبولی از این روش برای استرس‌سنجی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: استرس، تارهای صوتی، میکروترومور، عبور از صفر

* **نویسنده مسئول**: مجتبی طاهری صدر مرکز تحقیقات فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران،
Taherisadr1@yahoo.com

مقدمه

سال‌هاست که محققین از روش‌های متعددی برای تعیین وجود استرس برای کاربردهای مختلف استفاده کرده‌اند. با توجه به اینکه استرس تاثیر مستقیم بر عملکرد اعضای مختلف بدن می‌گذارد، پس می‌توان با بررسی بسیاری از عوامل وجود استرس را شناسایی و میزان آن را تعیین کرد. استفاده از علایم فیزیولوژیک بدن همواره یکی از گزینه‌های پیش روی محققین بوده است. بررسی پاسخ گالوانیک پوست، نرخ ضربان قلب، بررسی الگوی تنفس توسط بسیاری از محققین بررسی شده است(۱). همچنین پردازش سیگنال صوت برای تعیین استرس مورد مطالعه قرار داده شده است(۲). صحت عملکرد این روش توسط بسیاری از محققین مورد بررسی قرار گرفت(۳).

اولین بار در اوایل دهۀ ۱۹۷۰، شرکت دکتور CI/S (Dector CI/S Inc)دستگاهی را برای تشخیص استرس هیجانی از طریق صدا عرضه کرد. این وسیله که «دستگاه سنجش استرس روانی» (psychic stress evaluation =PSE) نامیده شد، به طور گسترده هم در بخش دولتی و هم در بخش خصوصی به کار می‌رفت. پس از آن تحقیقات متعددی در مورد دروغ سنجی با تحلیل استرس صدا انجام گرفت و زیر و بمی(pitch)، شدت(intensity) و تداوم(vowel duration) صدا اندازه گیری شد(۴). در سال ۱۹۹۹ روش دیگری توسط گاداله(Gadallah) مطرح شده است که در آن وابستگی ویژگی‌های مختلف از صحبت با میزان استرس بررسی شده است. ویژگی‌های مورد مطالعه در این روش عبارت بودند از: ۱) مشخصه‌های وابسته به منبع: زیر و بمی، شدت سیگنال(Pitch power) و تداوم. ۲) مشخصه‌های وابسته به کانال صوتی: فرکانس مرکب (Formant frequency) و بهره‌ی آنها و ۳) مشخصه‌های عمومی مثل انرژی

برای بررسی این ویژگی‌ها، ابتدا میزان استرس در قسمت‌های مختلف گفتار به صورت دستی نمره‌دهی شده است. سپس میزان همبستگی بین پارامترها با این نمره مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان دهنده‌ی این واقعیت بود که در بین ویژگی‌های مورد مطالعه، زیر و بمی معنی‌دارترین تغییرات را در بین دو حالت استرس و بدون استرس داشت(۵).

بررسی استرس از جهات مختلفی اهمیت دارد. کاربرد گسترده سنجش میزان استرس گواهی بر این ادعا است(۶). کاربردهایی که شامل پزشکی، روان‌شناسی، نظامی-اطلاعاتی(دروغ سنجی)، تفریحی (مسابقات برنامه‌های تلویزیونی که بر اساس تعیین میزان استرس شخص هستند) و کاربردهای دیگر می‌شود(۷).

هیجان شامل احساسات تقویت شده در یک موقعیت است که در اثر تعامل بین ذهن و جسم بوجود می‌آید و منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در بدن می‌گردد تا با موقعیت سازگاری یابد. نوع و میزان تغییرات فیزیولوژیکی بسته به شدت احساسات و نوع موقعیت متفاوت است. اگر این احساسات کم باشند تغییرات فیزیولوژیکی نیز به نسبت کم خواهد بود. وقتی که فرد دچار ترس خفیف شده باشد، این تغییرات عبارتند از افزایش فعالیت‌های گوارشی، تغییرات ضربان نبض، افزایش فشار خون و سرعت تنفس. برای سازگاری بهتر با موقعیتی که باعث ترس شده، فعالیت بدن نیز به مراتب بیشتر می شود تا انرژی بیشتری در اختیار فرد قرار گیرد. به هنگام ترس شدید، این تغییرات بدن را برای مبارزه یا فرار آماده می کنند. سیستم گردش خون، خون را از معده و روده‌ها که در حال حاضر مورد نیاز آنها نیست می گیرد و به سمت ماهیچه‌های بدن مانند دست و پا می فرستد که بیشتر به آن نیاز دارند(۴). تارهای صوتی که از جنس ماهیچه هستند، از دو نوار پرده مانند که دیافراگمی شکاف‌دار را درست می‌کنند، تشکیل یافته است و به واسطه باز و بسته شدن این شکاف و در اثر ارتعاش جریان هوا دگر آهنگیده می‌شوند. تارهای صوتی در مردان ۲/۵ سانتیمتر و در زنان ۱/۵ سانتیمتر است. این تارها هنگام دم و بازدم باز هستند و هنگامی که انسان نفس خود را حبس می‌کند، بسته می‌شوند. در حنجره ۱۶ عضله بسیار ریز و حساس نقش کنترل تارهای صوتی را بر عهده دارند(۸). پس تار های صوتی که از جنس ماهیچه هستند بطور مستقیم تحت تاثیر استرس و فرایند فیزیولوژیک آن قرار می گیرند. با توجه به تحقیقات اُ. لیپولد (O.Lippold) عضلات در بدن

با فرکانسی در محدوده‌ی ۸ تا ۱۴ هرتز نوسان می‌کنند(۹و۱۰). تارهای صوتی نیز در حالت عادی با همین فرکانس نوسان می‌کنند که در حالت استرس به دلیل واگذار شدن بیشتر اعمال و کنترل‌ها در بدن به بخش خودمختار برای اعمال واکنش به محرک، کنترل فرکانسی این بخش نیز به سیستم خود مختار واگذار می شود و این ارتعاشات نیز موثر از این تغییرات خواهند بود. این نوسانات را می‌توان همراه با نوساناتی که برای تولید صوت و مدولاسیون هوای خارج شده از ریه‌ها ایجاد می شود، بررسی کرد(۱۱). این فرکانس‌ها همراه با فرکانس‌های مدوله شده توسط تارهای صوتی برای ایجاد صوت به خارج از حنجره فرستاده می شوند(۱۲). اما این فرکانس‌ها در گستره‌ی فرو صوت هستند، پس با سیستم شنوایی نمی‌توان به بررسی و تحلیل این فرکانس‌ها پرداخت. این فرکانس های مورد بررسی مربوط به فرایند تولید صوت نیست و ارتعاشات خود تارهای صوتی را شامل می‌شود پس نباید آن را سیگنال صوت دانست. سیگنال صوت از ارتعاش تارها به عنوان مدولاسیون هوای خروجی از شش تولید می‌شود اما سیگنال مورد بررسی مربوط به ارتعاشات خود تارهای صوتی فارغ از مدولاسیون هوای شش ها است.

این تحقیق به منظور تفکیک حالت استرس از حالت نرمال با استفاده از سیگنال صوت انجام شد و سعی شد با مشخصه‌های تعریف شده وجود یا عدم وجود استرس ارزیابی شود. در اینجا طریقه‌ی بدست آوردن نمونه‌های بکار برده شده در تحقیق و روش استفاده شده برای بررسی استرس بیان شده است.

مواد و روش

در این بررسی شرکت‌کنندگان از شانزده نفر زن و مرد در رده‌ی سنی ۲۰ تا ۳۰ سال و ۵۰ تا ۶۰ سال انتخاب شدند. گستره‌ی سنی به منظور بررسی نتایج برای شرایط و حالات مختلف و مشاهده‌ی تاثیر سن و جنس روی نتایج در نظر گرفته شد. سیگنال‌ها در حالت آرامش و خونسردی نمونه‌ها، برای بررسی سیگنال آسوده تهیه شد. حالت آسوده به شرایطی که در آن شخص احساس آرامش دارد اطلاق می‌شود. برای حالت استرس به نمونه‌ها استرس تحمیلی اعمال شد و نمونه‌ی حاصل از استرس تهیه شد. استرس تحمیلی با ایجاد حالتی از استرس و ترس مثلاً با بیان خبر گم شدن یک شی قیمتی و قرار دادن در موقعیتی که برای شخص ایجاد استرس و نگرانی شود، ایجاد شد. برای همه‌ی نمونه‌ها، حالت استرس و آسوده در شرایط محیطی یکسان تهیه دیده شد تا تاثیر محیط و شرایط روی نتایج به حداقل برسد. سیگنال‌ها در حوزه زمان تحلیل شدند. همچنین برای یکسان‌سازی بهتر نمونه‌ها زمان نمونه‌گیری برای نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد.

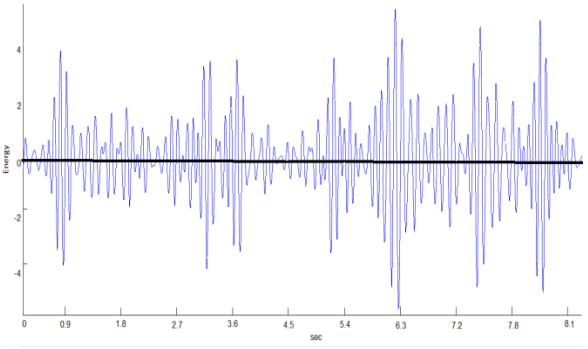
هدف از این تحقیق بررسی سیگنال صوت نیست، در واقع هدف بررسی تاثیر فیزیولوژیک استرس روی عضله هاست که این هدف از طریق بررسی تاثیر استرس روی عملکرد تارهای صوتی که از جنس عضله هستند دنبال شد. به این منظور سیگنال صوت با استفاده از کارت صدا و میکروفون خازنی که بهترین پاسخ را به محدوده‌ی فرکانس پایین سیگنال صوت دارد(۱۳)، به کامپیوتر فرستاده شد. در این تحقیق با استفاده از پردازش دیجیتال سیگنال محتوای فرکانسی ۸ تا ۱۴ هرتز سیگنال صوت که مربوط به این نوسانات طبیعی تارهای صوتی است از سایر مولفه‌های سیگنال صوت که مربوط به مدولاسیون هوای خروجی از شش است، مجزا شده و برای بررسی تاثیر استرس بر تارهای صوتی تحلیل شده است. با استفاده از برنامه کول ادیت(Cool Edit) (۱۴) سیگنال در کامپیوتر دریافت و ذخیره شد و با استفاده از برنامه سیگنال ویو (sigview) (۱۵) پردازش‌ها انجام شد. با استفاده از فیلتر میان گذر محتوای ۸ تا ۱۴ هرتز از سیگنال جدا شد و مشخصه هایی تحت عنوان «متوسط دامنه(Average amplitude)» و «عبور از صفر(Ziro crossing)» برای سیگنال مورد بررسی قرار داده شد. متوسط دامنه برای هر نمونه به عنوان معیاری برای میزان تغییرات دامنه که

بیانگر همان انرژی سیگنال است، بیان شد و با اندازه‌گیری دامنه متوسط در کل محدوده عددهی شد.

عبور از صفر نیز به عنوان معیاری است که نشان‌دهنده‌ی عبور سیگنال از محور افقی است(شکل۱). برای هر نمونه تعداد عبور از صفرها شمارش شده و با عنوان مشخصه‌ی «عبور از صفر» بیان گردید. در جداول مربوط به نتایج این مشخصه تحت عنوان zero crossing(Z.C) آورده شده است. تغییرات نیز برای هر نمونه بصورت متوسط تغییرات محاسبه و بیان شده است.

$$\Delta Z.C=\frac{[Z.C(normal)-Z.C(stress)]}{[Z.C(normal)]}$$

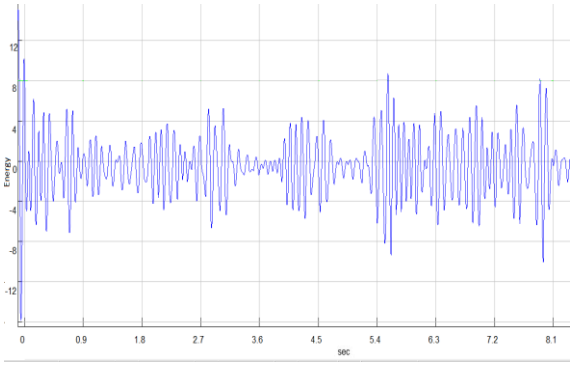
$$A.A=\frac{[A.A(normal)-A.A(stress)]}{[A.A(normal)]}\Delta$$



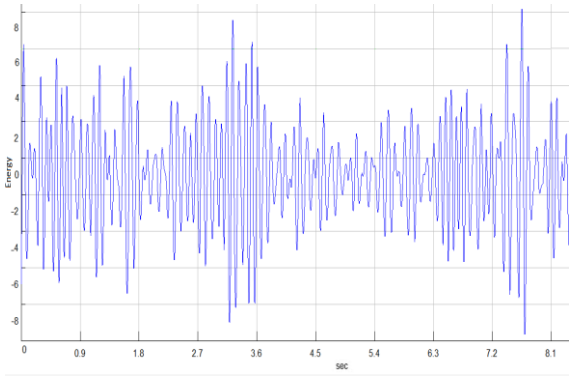
شکل ۱ محور عبور ازصفر برای سیگنال صوت

یافته‌ها

نتایج شامل سه قسمت است که بخش ابتدایی مربوط به نمونه سیگنال‌های پردازش شده است که محتوای فرکانسی ۸ تا۱۴ هرتز سیگنال صوت را نشان می‌دهد. در بخش دوم برای هر کدام از نمونه‌ها، مشخصه های تعریف شده اندازه‌گیری و بیان شد. در بخش سوم تغییرات برای هر مشخصه بیان شده و در انتها کل تغییرات برای همه‌ی نمونه‌ها محاسبه شد. در شکل‌های ۲و۳ یک نمونه از سیگنال‌های پردازش شده برای نمونه مونث ۵۳ ساله آورده شده است.



شکل۲ سیگنال آسوده مربوط به مونث ۵۳ ساله



شکل۳ سیگنال استرس مربوط به مونث ۵۳ ساله

جدول ۱ مربوط به اندازه‌گیری مشخصه‌های تعریف شده است. نتایج برای متوسط دامنه و عبور از صفر در حالت آسوده نسبت به حالت استرس کاهش را نشان داد. هر اندازه که میزان استرس تحمیلی بیشتر باشد، تغییرات بیشتر خواهد بود. برای متوسط دامنه و عبور از صفر بطور میانگین و به ترتیب ۲۴٪ و ۵/۷٪ کاهش بدست آمده است.

جدول ۱: مشخصه های اندازه‌گیری شده برای نمونه‌ها، در این جداول P سن، A.A متوسط دامنه، Z.C عبور از صفر است.

	Normal	Stress	Normal	Stress
Pسن	A.A	A.A	Z.C	Z.C
22m	۱۲	۹	۱۷۲	۱۶۲
20 f	۹	۷	۱۸۲	۱۶۸
24 m	۱۰	۹	۱۷۶	۱۶۶
26 f	۹	۷	۱۸۰	۱۶۲
24m	۱۱	۹	۱۷۰	۱۶۰
25f	۱۰	۸	۱۷۸	۱۷۲
25m	۹	۸	۱۶۸	۱۵۸
26f	۸	۷	۱۸۲	۱۷۶
28m	۱۰	۷	۱۷۴	۱۶۴
28f	۹	۸	۱۷۸	۱۶۸
29m	۱۱	۸	۱۶۸	۱۶۴
30f	۸	۷	۱۷۶	۱۷۰
55 m	۶	۳	۱۷۶	۱۶۶
53 f	۶	۴	۱۸۴	۱۶۸
52m	۷	۵	۱۶۸	۱۵۶
52 f	۸	۵	۱۷۸	۱۶۴

بحث

در این مطالعه سعی شد با استفاده از فرکانس پایه‌ی ارتعاش عضله‌ها در بدن و این نکته که لایه‌های صوتی نیز از جنس عضله هستند، به بررسی استرس پرداخته شود. عملکرد عضلات بطور مستقیم تحت تاثیر استرس قرار می‌گیرند و بررسی آنها از طریق تارهای صوتی می‌تواند دقت خوبی را برای استرس‌سنجی فراهم کند. در این روش قسمتی از سیگنال صوت مورد بررسی قرار گرفت که مربوط به عملکرد تارهای صوتی است و در حالت استرس تحت کنترل سیستم خود مختار بدن است و تصمیم‌گیری شخص و حتی آگاهی وی از تحت آزمایش بودن نمی‌تواند تاثیر زیادی روی نتایج داشته باشد. همانطور که انتظار می‌رفت با تحمیل استرس به نمونه‌ها، شاهد تغییراتی در محتوای فرکانسی مربوط به ارتعاشات عضلات هستیم.

جدول ۲- تغییرات محاسبه شده برای هر مشخصه

variation	ΔA.A	ΔZ.C
22m	٪۲۵کاهش	٪۵/۸کاهش
20 f	٪۲۲ کاهش	٪۷/۶ کاهش
24 m	٪۱۰ کاهش	٪۵/۶کاهش
26 f	٪۲۲ کاهش	٪۱۰ کاهش
24m	٪۳۰ کاهش	٪۵/۸ کاهش
25f	٪۲۲ کاهش	٪۳/۳ کاهش
25m	٪۱۸ کاهش	٪۵/۹ کاهش
26f	٪۱۲ کاهش	٪۳/۲ کاهش
28m	٪۳۰ کاهش	٪۵/۷ کاهش
28f	٪۱۸ کاهش	٪۵/۶ کاهش
29m	٪۲۷ کاهش	٪۱/۴ کاهش
30f	٪۱۲ کاهش	٪۳/۴ کاهش
55 m	٪۵۰ کاهش	٪۵/۶ کاهش
53 f	٪۳۳ کاهش	٪۸/۶ کاهش
52m	٪۲۸ کاهش	٪ ۷/۱کاهش
52 f	٪۳۷ کاهش	٪۷/۸کاهش
TOTLAL	٪۲۴ کاهش	٪۵/۷ کاهش

نتیجه‌گیری

با توجه به کاربرد گسترده‌ی استرس‌سنجی، ارایه‌ی روشی قطعی و قابل اطمینان بسیار ضروری می‌نماید. پس می‌توان با بالا بردن دقت نمونه‌گیری و تعداد نمونه‌ها و اندازه‌گیری مشخصه‌های بیشتر نتایج را قابل اعتمادتر و قطعی‌تر کرد، که امید است در کارهای بعدی توسط محققین این مهم اتفاق بیفتد. همانطور که در نتایج نشان داده شد کاهش فاکتورهای بررسی شده می‌تواند نشان دهنده استرس باشد و می‌تواند با بررسی این فاکتورها در کاربردهای استرس‌سنجی از این روش استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از داوطلبانی که در جمع‌آوری داده‌ها ما را یاری دادند سپاسگزاری می‌شود.

and Future Firm Performance. Duke University; 2010.

8- Hall J E. Guyton & Hall Textbook of Physiology. 12 Edition. Saunders. June 15; 2010.

9- Lippold O. Physiological Microtremor. Scientific American, 224(3): 65-73.1971.

10- Mbitiru N, Tay P, Zhang J Z, Adams RD. Analysis of Stress in Speech Using Empirical Mode Decomposition. Proceedings of the 2008 IAJC-IJME International Conference; 2008.

11- Humble C, Beach M. Quantifying psychologically stress levels using voice patterns. US Patent Application Ser, Dec, 2003.

12- Cairns D. A. and Hansen J. H. L. Nonlinear Analysis and Classification of Speech under Stressed Conditions. Robust Speech Processing Laboratory, Department of Electrical Engineering, Duke University, July 1994.

13- Sinclair I R. Sensors and transducers. Third edition, by Butherworth-Heinemann publisher, 2001.

14- Cool Edit. www.adobe.com/special/products/audition/syntrillium.html. Cited in 21 Jun, 2013.

15- SIGVIEW, http://www.sigview.com/ website. Cited in 21 Jun, 2013.

References

1- Bull R and Baron H. A review of the current scientific status and fields of application of Polygraphic Deception Detection. Final report from the BPS Working Partym, 6 October 2004.

2- Demenko G. Voice Stress Extraction. Institute of Linguistic Adam, Mickiewicz University, Poznań; 2008.

3- Clifford S. Hopkins, Daniel S. Benincasa, Roy J. Ratley and John J. Grieco, " Evaluation of Voice Stress Analysis Technology", Law Enforcement Analysis Facility Lockheed Martin IT,2004.

4- Jalvani J. Lie detector methods. Dissertation. Faculty of Engineering. University of Isfahan, 2010. (Persian)

5- Abutalebi V. Analysis of electrical signal of brain and its application in lay detection. PhD Dissertation. Faculty of biomedical engineering. Amirkabir University; 2005. (Persian)

6- Krapohl D J, Ryan A H, and Shull K W. Voice Stress Devices and the Detection of Lies. Policy Review, the official publication of the International Association of Chiefs of Police (IACP) National Law Enforcement Policy Center; 2002.

7- Mayew W J. and Venkatachalam M. The Power of Voice: Managerial Affective States

کمیته تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی شیراز

www.sadramj.com