

طبقه‌بندی عملکرد بلع در بیماران پارکینسون با استفاده از ثبت سیگنال الکترومایوگرافی عضلات جلو گردن

نجمه شهرکی

کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

چکیده

مشکل دیسفاژی در بیماران پارکینسون در اثر آسیب اعصاب حلقی ایجاد شده و ممکن است بیمار را تا مرز خفگی پیش ببرد. عوامل متعددی از جمله اختلال حرکتی در عضلات گلو، کمبود بزاق دهان یا خشکی دهان و ضعیف بودن عضلات زبان یا گونه در بروز دیسفاژی در بیماران مبتلابه پارکینسون نقش دارند. تحقیقات نشان می‌دهد، مداخله زودهنگام تا حد زیادی این عوارض را کاهش داده و تأثیر به‌سزایی در ارتقای شاخص‌های سلامتی بیمار دارد. در این مطالعه از ثبت سیگنال الکترومایوگرافی جهت بررسی عملکرد بلع در بیماران پارکینسون استفاده شده است و این عملکرد نیز با استفاده از نرم‌افزار MATLAB با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شد. از مزایای این روش می‌توان به غیرتهاجمی بودن و سرعت بالای عملکرد آن در تشخیص اختلال بلع و درجه پایین مورد آزار قرار گرفتن بیمار در حین عمل ثبت اشاره کرد. در این پژوهش ۱۰ بیمار مبتلابه پارکینسون و ۵ فرد سالم شرکت کردند و صحت عملکرد نتایج حاصل از آزمایش با چهار ویژگی اعمال شده، در بیماران پارکینسون ۸۷,۰۸۷۳ درصد و در افراد سالم ۹۳,۲۳۱۷ درصد محاسبه شد.

کلمات کلیدی: بلعیدن، پارکینسون، طبقه‌بندی بلع، الکترومایوگرافی، طبقه‌بندی

۱- مقدمه

دیسفاژی (اختلال بلع) مشکل در آماده‌سازی دهانی لقمه برای بلعیدن یا انتقال لقمه‌ی غذایی از دهان به معده می‌باشد. این اختلال یکی از شایع‌ترین پیامدهای بیماری‌های نورولوژیکی نظیر پارکینسون است (پراونسو ارامبولا و دیگران، ۲۰۰۷) و میزان بروز آن بین ۱۸٫۵ درصد تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است. در بیماران پارکینسون اغلب دیسفاژی نورولوژیک رخ می‌دهد. برخی از عوارض اصلی دیسفاژی نورولوژیک شامل تنفس آشکار و انسداد راه هوایی به علت خشکی، کم‌آبی گلو و مصرف داروهای درمانی می‌باشد. هرگونه افزایش در میزان سرفه‌ها و یا تغییراتی منفی در نوع صدای بیمار ممکن است از علائم اولیه‌ی دیسفاژی باشند. کاهش وزن در این بیماران نیز می‌تواند نشان‌دهنده‌ی شدت و مدت‌زمان دیسفاژی باشد. علاوه بر مشکلاتی همچون سوء‌تغذیه و کوتاه‌تر شدن عمر بیماران مبتلابه پارکینسون، مشکلات روانی نیز ممکن است در این بیماران رخ دهد. مشکل بلع می‌تواند وعده‌های غذایی را برای بیمار رعب‌انگیز کند. ترس از گیرکردن غذا در گلو و خفگی در این بیماران بسیار زیاد است. بیمار لذتی از غذا خوردن نمی‌برد، خصوصاً به خاطر تغییراتی که لازم است در نوع غذا ایجاد کند تا راحت‌تر بلعیده شود. همچنین تغییراتی در روابط اجتماعی مانند اجتناب از مهمان کردن سایرین برای وعده‌های غذایی یا صرف غذا در بیرون از خانه می‌تواند در روحیه فرد تأثیرگذار باشند (ارتکین، ۲۰۱۴).

بیماران مبتلابه اختلالات مزمن و عصبی مانند پارکینسون، باهدف تشخیص آسیب‌رسانیون مورد آزمایش‌های تهاجمی قرار می‌گیرند. تست‌های تهاجمی برای دیسفاژی شامل ویدئوفلوئورسکوپی (VFS)، بررسی آندوسکوپی فیبرپتیک بلع (FEES)، مانومتر و منوفلوئورسکوپی است (دپیو و دیگران، ۱۹۹۲، ارتکین و پالمر، ۲۰۰۰). این بیماران ممکن است با استفاده از آزمون‌های غربالگری غیرتهاجمی مانند تست بلع آب نیز بررسی شوند (جردن و دیگران، ۱۹۸۷). درنهایت روش‌های مختلف الکترومایوگرافی از جمله میزان اختلال بلع، تجزیه و تحلیل بولوس (یک لقمه کوچک غذا را بلعیدن)، آزمون بلعیدن پی‌درپی آب (SWS) و ثبت چندمنظوره بروی عضلات در هنگام بلع وجود دارد که می‌تواند به‌طور عینی و راحت بلع را بررسی کند.

۲- ادبیات تحقیق

مدل پیشنهادی تحقیق شامل ثبت سیگنال الکترومایوگرافی عضلات بلع در افراد سالم و بیماران مبتلابه پارکینسون در هنگام بلعیدن حجم‌های مختلف آب، مواد چسبنده، مواد خشک و همچنین تغییر حالت سر در هنگام بلعیدن می‌باشد. در این بخش به معرفی متغیرهای تحقیق می‌پردازیم و خلاصه‌ای در مورد هر یک نیز بیان خواهیم کرد.

۲-۱- فیزیولوژی بلع

بلع همانند یک حسگر حرکتی است که کمک می‌کند بزاق و مواد غذایی از داخل دهان به سمت معده فرو روند (درسیویسز و دیگران، ۱۹۹۷). بلع به چهار مرحله مجزا شامل فاز آماده‌سازی خوراکی، فاز دهانی، حنجره‌ای و مری تقسیم‌بندی می‌شود. در مرحله آماده‌سازی خوراکی، غذا از طریق هماهنگی لب‌ها، زبان، فک تحتانی، کام نرم و عضلات حفره بوکال به انتها می‌رود و زبان، غذا را به موقعیت خلفی دهان انتقال می‌دهد تا جویده شود. سپس ماده غذایی با بزاق به یک بولوس (قطعه کوچک از یک ماده) تبدیل می‌شود و درنهایت بلعیده می‌شود. در فاز دهانی، لقمه به‌وسیله فعل‌وانفعال زبان با کام از حفره قدامی دهان به حفره خلفی آن منتقل می‌شود. ارتباط خلف زبان با کام نرم، بولوس را درجایش نگه می‌دارد و مانع از ورود آن به حلق می‌شود و پس از آماده شدن بولوس، زبان خم‌شده و آن را به سمت عقب در امتداد کام سخت قرار می‌دهد و بالاخره در قسمت خلفی زبان قرار می‌گیرد. کام نرم به‌وسیله لقمه به سمت بالا حرکت می‌کند، در همان حال لب و عضلات بوکال با ایجاد فشار، حجم حفره دهان را کاهش می‌دهند. نزدیک به انتهای این فاز بخش خلفی زبان پایین می‌رود و قسمت‌های میانی و جلوی زبان برای ادامه حرکت لقمه به داخل حلق حنجره‌ای به بالا می‌روند. مرحله بعدی فاز حنجره‌ای است که به‌عنوان فاز غیرارادی طبقه‌بندی می‌شود. این مرحله وقتی شروع می‌شود که بولوس به ستون‌های قدامی لوزه برسد. جایی که گیرنده‌های حسی توسط بولوس تحریک می‌شوند. این گیرنده‌ها سیگنال را به ساقه مغز ارسال می‌کنند، جایی که مولد الگوی بلع توسط

فعال کردن اعصاب حرکتی به عضلات حنجره پاسخ می‌دهد گیرنده‌های بسیاری وجود دارد که به لمس غیردقیق و دقیق، حرکت، فشار، دما و طعم حساس‌اند. همه‌ی این گیرنده‌ها در مناطق همپوشانی دهان، حلق و حنجره واقع شده‌اند. مرحله نهایی بلع فاز مری است. این مرحله وقتی شروع می‌شود که سر بلوس از اسفنکتر فوقانی مری عبور کند و وارد مری شود. مری در طی بلع به دلیل انقباض عضلات طولی ده درصد کوتاه می‌شود. برای جابه‌جایی بلوس به پایین، حرکت پرستالتیسم یا انقباض عضلانی موج مانند مری اتفاق می‌افتد. به دنبال آن اسفنکتر تحتانی مری به حالت استراحت درمی‌آید تا بلوس از آن عبور کند و وارد معده شود، جایی که هضم آغاز می‌شود (پست، ۲۰۱۴).

۲-۲- اختلال بلع در بیماران پارکینسون

بیماری پارکینسون دومین عارضه عصبی و اختلال مغزی است که موجب لرزش بدن، سخت راه رفتن و حرکت کردن و اختلال هماهنگی مغز و عضلات می‌شود. سلول‌های عصبی از یک ماده شیمیایی مغز به نام دوپامین برای کنترل حرکات عضلات استفاده می‌کنند. هنگامی که سلول‌های عصبی تولیدکننده دوپامین در مغز به آرامی تخریب شوند، بیماری پارکینسون به وجود می‌آید. اختلالات بلع در بیماری پارکینسون بسیار شایع است و می‌تواند عواقب شدیدی از جمله پنومونی، سوءتغذیه، کم‌آبی و مرگ‌ومیر به همراه داشته باشد. بیماران مبتلا به بیماری پارکینسون معمولاً با دو مرحله‌ی اول عمل بلع مشکل دارند، یعنی نارسایی بلع در این افراد از نوع دهانی یا حلقی می‌باشد. عضلات ضعیف زبان یا گونه باعث می‌شوند تا چرخاندن غذا در دهان سخت شود و می‌تواند باعث مشکلاتی در جویدن گردد. همچنین گلو نمی‌تواند غذا را به اندازه‌ی کافی به طرف مری حرکت دهد. تشخیص زودهنگام و پیگیری فوری اختلالات بلع در بیماری پارکینسون جهت مراقبت موقتی و مناسب این بیماران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۲-۳- ابزار الکترومایوگرافی جهت بررسی اختلالات بلع

در روش الکترومایوگرافی فعالیت الکتریکی عضله توسط الکترودهای قرارگرفته روی آن یا سوزن‌های واردشده به آن‌ها در حالت استراحت و فعالیت ارادی خفیف و شدید بررسی می‌گردد. این ابزار ممکن است دو، چهار یا هشت کاناله باشد. نحوه‌ی قرارگیری الکترودها برای ثبت سیگنال‌های الکترومایوگرافی ناحیه جلوی گردن در هنگام بلع شامل این موارد می‌باشد: الکترومایوگرافی به روش سطحی بهینه، الکترومایوگرافی سیمی شبیه به قلاب و الکترومایوگرافی با الکترودهای مکنده‌ی فنجان مانند suction.cup electrodes (پالمر و دیگران، ۱۹۸۹، پراونسو ارامبول و دیگران، ۲۰۰۷)

ارزیابی اختلالات بلع با این ابزار از طریق قرار دادن الکترودهای روی سطح پوستی بالای ماهیچه مورد مطالعه در بلع یا سوزن‌های واردشده به آن‌ها انجام می‌گیرد که در عضلات کف دهان از طریق قرار دادن یک یا دو الکترودهای بافت نرم چانه و در عضلات درگیر در بالا رفتن حنجره از طریق قرار دادن الکترودهای در بالای غضروف تیروئید در یک یا دو طرف آن به دست می‌آید. سپس انجام عمل بلع به صورت یکی از موارد بلع بزاق، کمی آب (غربالگری)، مقدار زیادی آب (۲۰ میلی‌لیتر)، نوشیدن مداوم آب (۱۰۰ میلی‌لیتر) و مواد غذایی صورت می‌گیرد. در مرحله بعد پتانسیل‌های جزئی به دستگاه آمپلی‌فایر منتقل می‌شوند و هم‌زمان هم‌روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ و نوار الکترومایوگرافی ظاهر شده و هم توسط بلندگوی مخصوصی به گوش می‌رسند. این اطلاعاتی درباره‌ی زمان‌بندی و دامنه‌ی مربوط به انقباض عضلات انتخابی در حین بلع در اختیار قرار می‌دهد و جهت تعیین حضور نقص واحدهای عصبی عضلانی و یا اعصاب ویژه مانند فلجی تارهای صوتی یا مشخص نمودن و اثبات حضور میوپاتی سیستماتیک یا بیماری پیش‌رونده عصبی-عضلانی به کار می‌رود (پالمر و دیگران، ۱۹۸۹). مناطقی که در ارزیابی بلع با الکترودهای قابل توجه هستند شامل اسفنکتر حنجره‌ای، توانایی حسی حنجره فوق چاکنایی و حلق با ارزیابی غیرمستقیم، از طریق کریکوتایروئید (Cricothyroid) اسفنکتر کریکوفارنجیال (Cricopharyngeal) می‌باشد (توکلی و دیگران، ۲۰۱۶).

۳- روش تحقیق

۳-۱- جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل ۱۰ بیمار مبتلابه پارکینسون (۶ مرد و ۴ زن) و ۵ فرد سالم (۲ مرد و ۳ زن) می‌باشد. هرگونه سابقه دیسفاژی و مشکلاتی پزشکی دیگری که ممکن است روی بلع تأثیر بگذارد نیز بررسی و در چک‌لیست محقق ساختی ثبت شد. همچنین قبل از آزمایش یک توضیح مختصر و کامل از اهداف، خطرات و رویه‌های تحقیق در اختیار افراد شرکت‌کننده قرار داده شد و رضایت کامل حضور در این پروتکل از هر فرد شرکت‌کننده گرفته شد. سپس با استفاده از عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، نتایج حاصل از ثبت سیگنال الکترومایوگرافی بلع در بیماران پارکینسون و سالم در نرم‌افزار متلب طبقه‌بندی و نتایج حاصل از ثبت سیگنال‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲- ابزار

۳-۲-۱- ثبت سیگنال

قبل از شروع ثبت سیگنال بر روی فرد مورد آزمایش، ابتدا هر الکتروود با استفاده از پد الکلی تمیز گشت و برای اطمینان از چسبندگی و جهت بالا بردن کیفیت و هدایت خوب بین پوست و الکتروود، محل قرارگیری الکتروودهای روی پوست گردن نیز تمیز شد. نحوی قرارگیری الکتروودها به این صورت بود که دو الکتروود در ناحیه‌ی عضلات گردن، درگیر در بالا بردن حنجره و در بالای غضروف تیروئیدی در دو طرف آن قرار گرفت. علاوه بر این یک الکتروود مرجع نیز بر روی مچ دست راست هر فرد، به‌عنوان زمین قرار داده شد (ضبط سیگنال با استفاده از دستگاه فلکس کامپ یک کاناله با دو الکتروود انجام شد). (اتوکورالا، ۲۰۱۲، استپ، ۲۰۱۲)

در طول آزمایش یک سوژه روی صندلی راحتی قرار گرفت و در ابتدا هیچ اقدام بلعی انجام نشد. جهت به دست آوردن خط پایه برای نرمال‌سازی EMG در مرحله اول، از افراد خواسته شد تا عمل بلع را با نوشیدن حجم‌های مختلف آب با سرعت طبیعی، به‌طور داوطلبانه انجام دهند. در این مرحله چهار وظیفه متوالی شامل بلعیدن بزاق (بلع خشک)، نوشیدن ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر آب در یک‌زمان انجام شد. مرحله دوم تست، بلعیدن مواد ویسکوزیته بود که هر متقاضی ۵ میلی‌لیتر بلوس (یک مقدار کوچک از ماده) فرو می‌برد. در این مرحله ویسکوزیته‌های مختلفی مانند آب، کرم کنجد رقیق و غلیظ به‌کاربرده شد. برای به دست آوردن ماده ویسکوزیته ی رقیق، ۲۰ گرم پودر کنجد را با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کردیم تا رقیق شود و همچنین برای ویسکوزیته ی غلیظ، ۳۵ گرم پودر کنجد را با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کرده تا غلیظ شود. در مرحله سوم جویدن یک بلوس از شیرینی کوکی (یک‌تکه کوچک) و بلعیدن آن انجام گرفت. مرحله چهارم به‌منظور بررسی اثر تغییرات سر و گردن در هنگام بلعیدن انجام گرفت. از افراد خواسته شد که یک‌بار سر خود را در موقعیت وسط قرار دهند و با ۵ میلی‌لیتر آب، عمل بلع را انجام دهند. مجدداً هنگامی که سر خود را به سمت راست قرار داده‌اند عمل بلعیدن ۵ میلی‌لیتر آب را انجام دهند. همچنین این عمل برای سمت چپ نیز انجام شد. لازم به ذکر است برای انجام آزمایش در تمام حجم‌های مختلف از بشر با حجم‌های مختلف و برای ویسکوزیته‌های مختلف از ظروفی که گرم‌های مختلف را نشان می‌دهد، استفاده شد. به‌این ترتیب برای هر مرحله از آزمایش بلع، سه بار بلعیدن تکرار می‌شود، به‌جز جویدن که یک‌بار تکرار می‌شود. سیگنال‌های EMG با استفاده از دو الکتروود در طول کل فرآیند بلع ثبت می‌شود (ژو و دیگران، ۲۰۱۷).

۲-۲-۳- پردازش سیگنال‌ها

برای پردازش سیگنال به دست آمده ابتدا سیگنال اصلی را با فیلتر میان‌گذر دیجیتال با فرکانس قطع (۱۰-۵۰۰) و نرخ نمونه‌برداری ۲۰۴۸ برای کاهش اثرات ECG و آرتیفکت آن فیلتر کردیم. برای حذف سروصدای فرکانس بالا نیز از فیلتر پایین‌گذر استفاده شد. سپس پنجره‌ای با طول ۱۰۰ میلی‌ثانیه را برای هر دیتا محاسبه نمودیم.

۳-۲-۳- استخراج ویژگی و پردازش سیگنال

جهت طبقه‌بندی دیتاها از ماشین بردار پشتیبان استفاده کردیم. ما چهار ویژگی $RMS, MMAV, VAR, MAV$ بروی سیگنال‌های الکترومایوگرافی به دست آمده از عضلات جلوی گردن بیمار در هنگام بلعیدن مواد غذایی مختلف مثل آب، بیسکویت، کرم کنجد با غلظت‌های مختلف و تغییر وضعیت سر در هنگام بلعیدن آب اعمال کردیم و برای آنالیز سیگنال‌ها از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان SVM استفاده کردیم که از مدل‌های قدرتمند الگوریتم ماشین یادگیری می‌باشد که برای طبقه‌بندی خطی و غیرخطی و شناسایی داده‌های پرت استفاده می‌شود و که با بهینه‌سازی نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آورند. این نمونه‌ها را بردار پشتیبان می‌گویند و هدف آن یافتن بهترین مرز در بین نقاط داده‌هاست.

۴- یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از الگوریتم SVM_classification پیاده شده بر روی سیگنال‌های الکترومایوگرافی به دست آمده عضلات جلوی گردن در هنگام بلعیدن حجم‌های مختلف آب و غلظت‌های مختلف کرم کنجد، جویدن بیسکویت، تغییر موقعیت سرد بیماران پارکینسونی در جداول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

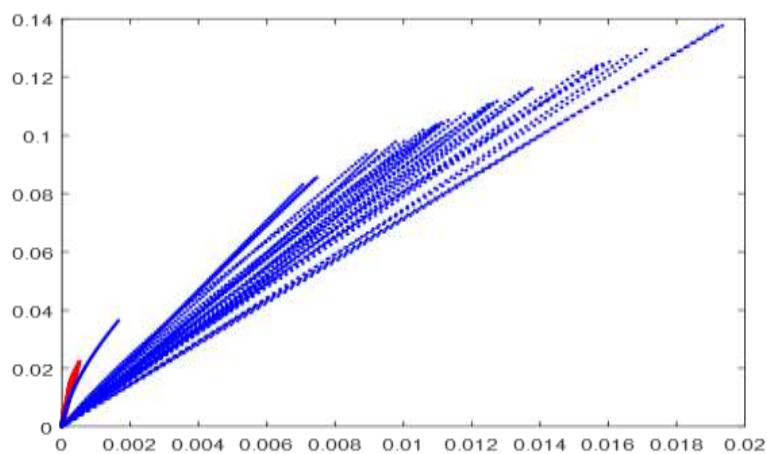
جدول شماره ۱: نتایج آنالیز سیگنال‌های الکترومایوگرافی عضلات جلوی گردن در هنگام بلعیدن در بیماران

Var,MAV,MMAV,RMS	Var,MMAV,MAV	RMS,MMAV	MMAV,MAV	Var.MAV	بیمار مبتلا به پارکینسون
۹۴,۴۲۳۶	۹۱,۷۰۵۷	۹۴,۲۵۹۶	۸۹,۷۶۱۰	۹۲,۷۱۳۲	۱
۹۰,۰۱۷۷	۸۳,۳۰۰۶	۸۹,۷۹۲۱	۸۰,۳۲۹۵	۸۳,۴۳۷۹	۲
۹۷,۱۶۵۶	۹۷,۰۸۸۷	۹۷,۱۶۵۷	۸۷,۷۲۳۴	۹۷,۱۸۱۱	۳
۸۹,۹۴۰۱	۸۹,۷۹۰۳	۸۹,۸۵۵۲	۶۶,۶۵۰۰	۸۹,۷۱۵۴	۴
۹۶,۸۵۸۵	۹۵,۹۷۱۲	۹۵,۸۳۴۵	۸۹,۴۲۴۵	۹۵,۶۳۵۵	۵
۸۴,۱۰۵۶	۸۴,۰۳۰۹	۸۴,۵۲۹۱	۶۸,۰۱۲۰	۹۳,۷۳۱۹	۶
۸۶,۳۱۴۲	۸۰,۹۵۳۶	۸۶,۱۴۱۳	۷۷,۹۶۴۴	۹۱,۶۹۴۷	۷
۸۸,۶۶۹۸	۸۶,۶۲۷۱	۸۷,۴۵۸۴	۸۵,۳۸۴۸	۸۶,۷۹۳۳	۸
۶۲,۸۰۰۰	۶۱,۱۵۰۰	۶۰,۷۲۵۷	۶۰,۲۰۰۰	۶۱,۱۵۰۰	۹

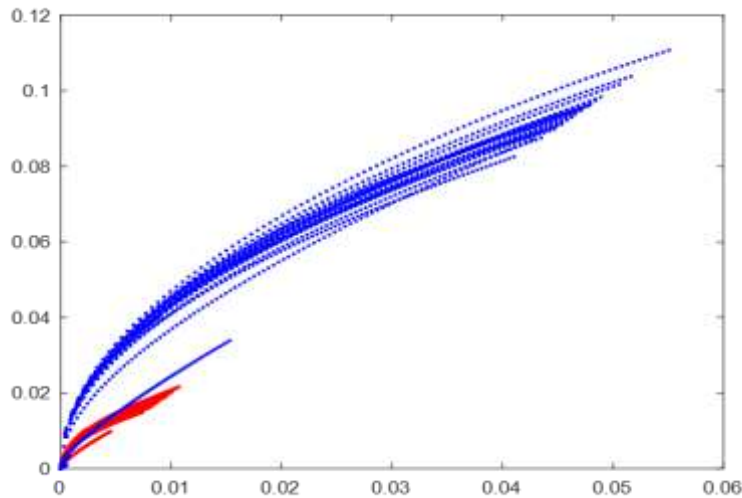
۸۰,۵۷۸۵	۶۷,۴۳۲۹	۷۹,۳۳۸۸	۶۴,۰۷۵۴	۶۷,۴۰۷۹	۱۰
۸۷,۰۸۷۳۰	۸۵,۴۴۳۲	۸۶,۸۱۰۰	۶۸,۴۱۴۰	۸۴,۹۴۶۰	میانگین

جدول شماره ۲: نتایج آنالیز سیگنال‌های الکترومایوگرافی عضلات جلوی گردن در افراد سالم

Var,MAV,MMAV,RMS	Var,MMAV,MAV	RMS,MMAV	MMAV,MAV	Var.MAV	فرد سالم
۹۵,۵۲۲۰	۹۵,۲۹۹۴	۹۵,۴۵۷۳	۸۵,۰۳۲۰	۹۵,۴۲۳۱	۱
۸۷,۹۴۰۰	۸۷,۹۱۸۳	۸۷,۹۶۱۸	۶۹,۸۱۷۵	۸۷,۸۵۳۱	۲
۹۴,۱۰۹۰	۹۳,۸۸۸۱	۹۴,۰۵۹۹	۷۴,۹۱۴۱	۹۳,۸۶۳۵	۳
۹۳,۲۹۶۹	۹۲,۷۲۵۹	۹۲,۳۹۲۴	۷۲,۰۲۰۹	۹۲,۶۷۶۳	۴
۹۵,۲۹۰۹	۹۵,۰۹۳۷	۹۵,۳۴۰۲	۸۵,۱۵۷۸	۹۵,۲۴۱۶	۵
۹۳,۲۳۱۷	۹۲,۹۸۵۰	۹۵,۰۵۰۳	۷۷,۳۸۸۴	۹۳,۰۱۱۵	میانگین



شکل شماره ۱: طبقه‌بندی عملکرد بلع با الگوریتم SVM در بیمار پارکینسونی با صحت عملکرد ۸۷,۱۶۵۷ درصد



شکل شماره ۲: طبقه‌بندی عملکرد بلع با الگوریتم SVM در فرد سالم با صحت عملکرد ۹۵,۴۹ درصد

۵- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از عملکرد الگوریتم SVM در طبقه‌بندی چهار دیتا آب، ویسکوزیته، جویدن بیسکویت و تغییر وضعیت سر در افراد سالم بهتر از افراد بیمار بود، زیرا سیگنال به‌دست‌آمده از بیماران پارکینسونی به علت لرزش و شدت حرکات زیاد دچار نویز و تداخل زیادی شده بود. همچنین شکل سیگنال‌های بلع در حالت‌های مختلف در افراد سالم و بیمار تفاوت بسیار ناچیزی باهم داشتند، به‌جز سیگنال تغییر وضعیت سر که بسیار متفاوت بود. در بعضی از بیماران سیگنال بلع ویسکوزیته تفاوت‌هایی داشت؛ زیرا افراد هنگام بلعیدن این مواد با مشکل روبرو بودند و به‌سختی می‌توانستند آن را فرو ببرند. علاوه بر این طی مشاهداتی که روی سیگنال‌های بلع در بیماری پارکینسون با عوارض شدت لرزش شدید انجام گرفته شد، به این نتیجه دست‌یافتیم که تأثیری چندانی بر روی سیگنال‌های ثبت‌شده ندارد زیرا آن دسته از بیماران که هنوز در مراحل اولیه بودند نیز مشکل بلعیدن داشتند، مخصوصاً در بلعیدن مواد چسبنده مثل کرم کنجد با غلظت‌های مختلف. در این پژوهش سعی شد تا حدودی با استفاده از فیلتر پایین‌گذر، نویز فرکانس بالای سیگنال پایین آورده شود. ابتدا دو ویژگی و سپس سه و چهار ویژگی روی ورودی‌ها اعمال شد. همان‌طور که از نتایج جداول پیداست ویژگی‌های RMS و VAR گرفته‌شده بالاترین صحت و ویژگی MAV و MAMV تقریباً صحت کمتری داشتند. چهار ویژگی که در این مطالعه استخراج شد نسبت به ویژگی‌های دیگر دارای صحت بهتری بودند. می‌توان در مطالعات آتی جهت مقایسه فقط از مواد چسبنده در عملکرد بلعیدن استفاده کنیم و دیتاهای حاصل را طبقه‌بندی کنیم، زیرا بلعیدن این مواد سخت‌تر هست و عضلات بیشتری در ثبت سیگنال درگیر می‌کند. صحت روش پیشنهادی SVM_classification برای افراد سالم ۹۵,۴۹ درصد و برای بیماران ۸۶,۱۶ محاسبه شد. این الگوریتم شامل آموزش و سه مرتبه معبرسازی می‌باشد و از جمله فواید آن می‌توان به عدم نیاز به آموزش و ثبت مستقیم دیتا اشاره نمود.

منابع

1. Athukorala, P. (2012). Skill training for swallowing rehabilitation in individuals with Parkinson's disease.
2. DePippo, K. L., M. A. Holas and M. J. Reding (1992). "Validation of the 3-oz water swallow test for aspiration following stroke." *Arch Neurol* **49**(12): 1259-1261.
3. Deresiewicz, R. L., S. J. Thaler, L. Hsu and A. A. Zamani (1997). "Clinical and neuroradiographic manifestations of eastern equine encephalitis." *N Engl J Med* **336**(26): 1867-1874.
4. Ertekin, C. (2014). "Electrophysiological evaluation of oropharyngeal Dysphagia in Parkinson's disease." *J Mov Disord* **7**(2): 31-56.
5. Ertekin, C. and J. B. Palmer (2000). "Physiology and electromyography of swallowing and its disorders." *Suppl Clin Neurophysiol* **53**: 148-154.
6. Gordon, C., R. L. Hower and D. T. Wade (1987). "Dysphagia in acute stroke." *Br Med J (Clin Res Ed)* **295**(6595): 411-414.
7. Palmer, J. B., E. Tanaka and A. A. Siebens (1989). "Electromyography of the pharyngeal musculature: technical considerations." *Arch Phys Med Rehabil* **70**(4): 283-287.
8. Post, D. (2014). "The effect of bolus consistency and age on measurements of hyolaryngeal muscular activity during swallowing."
9. Provencio-Arambula, M., D. Provencio and M. N. Hegde (2007). *Treatment of Dysphagia in Adults: Resources and Protocols*, Plural Publishing Inc.
10. Stepp, C. E. (2012). "Surface electromyography for speech and swallowing systems: measurement, analysis, and interpretation." *J Speech Lang Hear Res* **55**(4): 1232-1246.
11. Tavakoli, M., S. Jalaei, Z. Delkhah and H. Poonaki (2016). "Review of instrumental tests for screening and diagnosis of dysphagia." *Modern Rehabilitation* **9**(6): 29-41.
12. Zhu, M., B. Yu, W. Yang, Y. Jiang, L. Lu, Z. Huang, S. Chen and G. Li (2017). "Evaluation of normal swallowing functions by using dynamic high-density surface electromyography maps." *BioMedical Engineering OnLine* **16**(1): 133.