DOI: 10.48305/jrrs.2026.46962.1174 Published by Vesnu Publications

طراحی و ساخت نمونه اولیه دستگاه سنجش قدرت زبان و بررسی پایایی اندازه‌گیری قدرت و استقامت ایزومتریک زبان: یک مطالعه اعتبارسنجی

پیمان امیری‌فر[۱]، مرضیه پورجواد[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: زبان اندامی حیاتی در بلع و گفتار است که در نتیجه برخی اختلالات عصبی مانند سکته، دچار ضعف و آسیب در عملکرد می‌شود. ارزیابی متداول قدرت زبان به طور عمده به روش‌های کیفی و وابسته به قضاوت درمانگر انجام می‌شود، اما این روش‌ها جهت اندازه‌گیری کمی فشار زبان و پیگیری تغییرات عملکردی محدودیت دارند. با توجه به فقدان دستگاه تجاری سنجش قدرت زبان در کشور، پژوهش حاضر با هدف طراحی و ساخت نمونه اولیه یک دستگاه سنجش قدرت زبان و بررسی پایایی آزمون- بازآزمون داده‌های قدرت و استقامت ایزومتریک زبان در جوانان سالم انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه شامل دو فاز بود. در فاز اول، نمونه اولیه دستگاه طراحی و ساخته شد و در فاز دوم، پایایی آزمون- بازآزمون داده‌های مربوط به قدرت و استقامت ایزومتریک زبان در ۵۰ فرد جوان سالم مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در پایان تحقیق، دستگاهی با حسگر نازک و انعطاف‌پذیر ساخته شد که استفاده از آن در افراد سالم آسان بود و قادر به اندازه‌گیری چهار شاخص «قدرت، استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان زبان» می‌باشد. نتایج حاصل از تکرارپذیری داده‌ها، ارتباط معنی‌داری را بین قدرت زبان و همچنین، استقامت ایزومتریک زبان در دو مرحله آزمون و بازآزمون نشان داد. میزان ضریب همبستگی درون طبقه‌ای (ICC یا Intraclass correlation coefficient) برای متغیر قدرت زبان، ۹۰ درصد و برای متغیر استقامت ایزومتریک زبان، ۹۱ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نمونه اولیه ساخته شده قادر به ارزیابی چهار شاخص عملکردی زبان شامل «قدرت، استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان» است. نتایج فاز پایایی نشان داد که داده‌های قدرت و استقامت ایزومتریک در جوانان سالم تکرارپذیری بسیار بالایی دارد. با این حال، بررسی پایایی در افراد سالمند و افراد دارای نقایص دهانی- حلقی و نیز ارزیابی روایی داده‌های دستگاه در پژوهش‌های بعدی ضروری است.

کلید واژه‌ها: اختلال در بلع؛ ارزیابی دستگاهی؛ زبان، قدرت؛ استقامت

ارجاع: امیری‌فر پیمان، پورجواد مرضیه. **طراحی و ساخت نمونه اولیه دستگاه سنجش قدرت زبان و بررسی پایایی اندازه‌گیری قدرت و استقامت ایزومتریک زبان: یک مطالعه اعتبارسنجی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۴؛ ۲۱.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱/۱۵

مقدمه

فرایند بلع یک عمل بسیار پیچیده وشامل فعالیت عضلات دهان، حلق، حنجره و مری است. از این‌رو، بلع نرمال را به سه فاز دهانی، حلقی و مروی تقسیم می‌کنند (۲، ۱). اختلال در بلع که می‌تواند در هر یک از این سه فاز تعریف شود، یکی از اختلالات رایج به دنبال سکته مغزی و بسیاری از بیماری‌های نورولوژیک دیگر می‌باشد که می‌تواند منجر به کاهش وزن، سوء تغذیه، افزایش هزینه‌های مراقبتی، پنومونی و مرگ شود(۴، ۳).

زبان نقش بسیار مهمی را در فاز دهانی و حلقی بلع ایفا می‌کند و در جویدن، شکل‌گیری و دست‌ورزی لقمه، حذف باقی مانده و همچنین، انتقال لقمه از حفره دهان به حلق مشارکت دارد (۶، ۵). آسیب به عضلات زبان در نتیجه اختلالات مختلف همچون بیماری‌های نورولوژیک، می‌تواند فرد را دچار اختلال در بلع دهانی یا حلقی کند (۷). بنابراین، قدرت (Strength) و استقامت (Endurance) زبان برای داشتن یک بلع طبیعی و امن، ضروری و حیاتی است (۸). فشردن زبان به سختکام در حین عمل بلع، نیروی کافی برای انتقال لقمه

۱- کارشناس ارشد، گروه گفتار درمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دکتری تخصصی، گروه گفتار درمانی، دانشکده علوم توانبخشی و مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی- عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: مرضیه پورجواد؛ دکتری تخصصی، گروه گفتار درمانی، دانشکده علوم توانبخشی و مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی- عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Email: mpoorjavad@rehab.mui.ac.ir

به حلق را فراهم می‌کند. بنابراین، افزایش فشار زبانی- کامی نقش مهمی را در افزایش قدرت کلی بلع ایفا می‌کند (۹). از این‌رو، تمرینات تقویتی ایزومتریک زبان (Isometric lingual strengthening) از جمله تمریناتی هستند که همواره در درمان بیماران با اختلال بلع مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱۰). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که درمان‌های متمرکز بر تمرینات مقاومتی پیش‌رونده زبان (Resistance lingual exercises progressive)، علاوه بر افزایش قدرت زبان و بهبود بلع دهانی، ایمنی بلع را نیز در فاز حلقی بهبود می‌بخشد (۱۱)، اما بر اساس اصل Overload در تمرینات تقویتی، باید مقدار فعالیت خواسته شده از عضله در طول برنامه تقویتی، به شکل پیش‌رونده و تدریجی و متناسب با ظرفیت تولید نیروی عضله افزایش یابد تا روند افزایش قدرت ادامه پیدا کند (۱۲). بنابراین، برای اجرای تمرینات تقویتی زبان، در مرحله اول باید مقدار فشار وارده از سوی زبان به کام اندازه‌گیری شود، اما بر خلاف نقش مهم زبان در فرایند بلع و همچنین، اهمیت رعایت اصول تمرینات در رژیم‌های درمانی، ارزیابی عملکرد زبان در کلینیک‌های گفتار درمانی اغلب بر اساس قضاوت‌های درکی گفتار درمانگران صورت می‌گیرد که از اعتبار بالایی برخوردار نیست و دقت کافی ندارد (۱۴، ۱۳). علاوه بر این، در ارزیابی قدرت زبان، اغلب حرکت زبان به سمت جلو در خارج از دهان ارزیابی می‌گردد که هیچ سنخیتی با جهت حرکت زبان در حین بلع که به سمت سختکام است، ندارد و درمانگر نمی‌تواند مقدار فشاری را که زبان روی سختکام وارد می‌آورد، تنها با مشاهده بیمار برآورد کند.

در ایران ارزیابی عملکرد زبان محدود به رویکردهای کیفی و سنتی است و قدرت زبان اغلب با استفاده از چوب معاینه و یا انگشت ارزیابگر سنجیده می‌شود و کاملاً برگرفته از تجربیات درمانگر است که این موضوع احتمال خطا در اندازه‌گیری و گزارش نتایج را بالا می‌برد. ابزارهای تجاری محدودی که البته هیچ یک در ایران تولید نمی‌شوند، با هدف سنجش میزان نیروی زبان بر کام طراحی شده‌اند و از آن جمله می‌توان به Iowa Oral Performance Instrument (IOPI) و Madison Oral Strengthening Therapeutic (MOST) اشاره کرد. از این‌گونه دستگاه‌ها جهت بررسی قدرت ایزومتریک زبان و استقامت ایزومتریک زبان استفاده شده است (۱۳). برخی مطالعات نقاط ضعفی را نیز برای این ابزارها برشمرده‌اند که از آن جمله می‌توان به اشکال در ثبات محل قرارگیری حسگرها (IOPI)، قیمت بالای حسگرهای یک‌بار مصرف آن‌ها (IOPI و MOST) و پرتابل نبودن دستگاه‌ها و قیمت بالای سخت‌افزار دستگاه‌ها و دشواری در استفاده از آن‌ها اشاره کرد (۱۶، ۱۵، ۱۳).

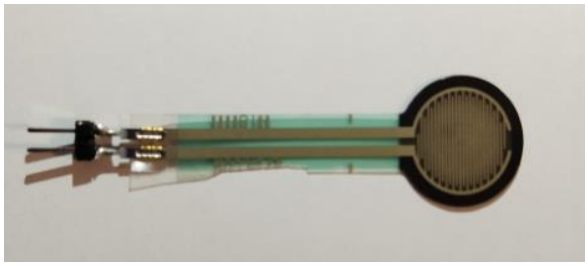
با توجه به اهمیت کارکرد زبان در فرایند بلع و لزوم طراحی دقیق و کمی برنامه‌های تقویتی مؤثر بر این اندام و همچنین، با توجه به عدم وجود دستگاه‌های تجاری سنجش قدرت زبان در کشور، هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی و ساخت نمونه ایرانی ابزاری جهت اندازه‌گیری میزان فشار زبان بر کام بود. علاوه بر این، در مطالعه حاضر به بررسی پایایی آزمون- بازآزمون داده‌های حاصل از این دستگاه نیز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو فاز اصلی شامل طراحی و ساخت نمونه اولیه دستگاه سنجش قدرت و استقامت زبان و سپس بررسی پایایی آزمون- بازآزمون داده‌های مربوط به قدرت و استقامت ایزومتریک زبان در جوانان سالم انجام شد.

فاز اول: طراحی و ساخت دستگاه

ویژگی‌های سخت‌افزاری دستگاه سنجش قدرت و استقامت زبان: اجزای اصلی تشکیل دهنده این ابزار شامل یک بورد گیرنده- پردازنده- فرستنده، صفحه نمایشگر، حسگر فشار، منبع تغذیه، صفحه کلید و ماژول آنالوگ به دیجیتال بود. بورد دستگاه از نوع بورد آردوینو (Arduino) با پردازنده مرکزی AtMega328T و حسگر فشار از نوع حسگر FSR402 (شکل ۱) بود. از آن‌جایی که نصب حسگر در بخش‌های خلفی کام اغلب به دلیل برانگیختن رفلکس Gag به عدم همکاری تعداد زیادی از بیماران منجر می‌شود، در این دستگاه تنها از یک حسگر که بر بخش قدامی سختکام قرار می‌گرفت، استفاده شد. علاوه بر این، نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده است که در تمرین فشردن زبان به کام، بخش قدامی زبان بیشترین فشار را نسبت به دو بخش میانی و خلفی بر کام وارد می‌کند (۱۷). در بلع نرمال نیز فشار حاصل از بخش قدامی زبان بر کام، اصلی‌ترین جزء در رانش لقمه به سمت عقب می‌باشد (۱۸).



شکل ۱. حسگر فشار FSR402

حسگر FSR402 استفاده شده در این دستگاه، یک مقاومت حساس به فشار است؛ به این معنی که در حالت پایه، مقاومت حسگر در وضعیت بی‌نهایت و حداکثری خود قرار دارد و پس از اعمال نیرو بر آن، از این مقاومت کاسته می‌شود. قطر ناحیه حساس حسگر، ۱۲/۷ میلی‌متر و ضخامت آن ۰/۴۵ میلی‌متر است. حسگر به کار رفته در دستگاه محدوده نیروی بین صفر تا ۱۰۰ نیوتون را اندازه‌گیری می‌کند و حداقل نیروی لازم برای راه‌اندازی ثبت، ۰/۱ نیوتون است. این نوع حسگرها برای استفاده در ابزارهای پزشکی مناسب هستند. علاوه بر این، از آن‌جایی که حسگر باید در دهان افراد قرار می‌گرفت، ضخامت بسیار اندک این حسگر و انعطاف‌پذیری بالا، آن را برای استفاده در این دستگاه مناسب می‌کرد. حسگرهایی از این نوع در سایر مطالعات مشابه برای اندازه‌گیری نیروی زبان و همچنین، دندان استفاده شده بودند (۲۲-۱۹). این نوع حسگر از طریق اندازه‌گیری خطی و ثبت وقایع بر حسب ثانیه و مؤلفه مقاومت بر حسب تغییرات ولتاژ کار می‌کند. اعمال نیرو به حسگر سبب تغییر در مقدار مقاومت آن می‌شود که به دنبال تغییر در مقاومت حسگر، مقدار ولتاژ دستگاه نیز تغییر می‌کند و در نهایت، تغییرات مقدار ولتاژ به مقدار نیرو به واحد نیوتون تبدیل می‌شود.

با توجه به این که حسگر درون دهان قرار می‌گیرد، به منظور جلوگیری از تأثیر رطوبت حفره دهان بر اندازه‌گیری مقدار نیرو و همچنین، جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه‌گیری، حسگر با استفاده از ورقه‌های پلاستیکی از جنس سلفون پوشانده و محافظت شد و با استفاده از چسب دندان مصنوعی Professional (شرکت بونیف، سوئیس) به کام (بعد از ستیغ لثوی) وصل گردید.

ویژگی‌های نرم‌افزاری دستگاه سنجش قدرت و استقامت زبان: این دستگاه

http://jrrs.mui.ac.ir

قادر به سنجش قدرت، استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان زبان می‌باشد. برای تعیین حداکثر قدرت زبان، فرد باید زبان خود را با بیشترین نیرویی که می‌تواند برای مدت زمانی مشخص که در این دستگاه ۵ ثانیه در نظر گرفته شده است، به حسگر فشار دهد (۲۳، ۱۳، ۶). برای این که توجه بیمار و درمانگر به محاسبه زمان ۵ ثانیه‌ای معطوف نگردد، این مدت زمان در برنامه تعریف و به صورت خودکار محاسبه شد. همچنین، ثبت مقدار نیرو و زمان اعمال آن تنها در صورتی آغاز می‌شود که میزان نیروی وارد بر حسگر از مرز ۰/۱ نیوتن (آستانه نیرو: Force threshold) بالاتر رود. پس از اتمام ۵ ثانیه نیز به صورت خودکار، سنجش نیرو متوقف می‌گردد. دستگاه مطابق با برنامه‌ای که برای آن طراحی شده است و به جهت افزایش دقت، مقدار نیروهای ثبت شده در ثانیه آغازین و پایانی را حذف می‌کند و از مقدار نیروهای ثبت شده در ۳ ثانیه باقی‌مانده میانگین می‌گیرد و در نهایت، این مقدار را به عنوان شاخص قدرت زبان بر صفحه نمایشگر نشان می‌دهد.

استقامت اغلب طی انقباضات کمتر از حداکثر (Submaximal contractions) ممتد یا تکرار شونده سنجیده می‌شود. جهت اندازه‌گیری استقامت ایزومتریک، از فرد درخواست گردید تا با نیرویی معادل حداقل ۵۰ درصد قدرت زبان (که به صورت خودکار توسط دستگاه و بر اساس مقدار نیروی ثبت شده در مرحله سنجش قدرت، محاسبه شده و مبنا قرار گرفته است) تا هر زمانی که می‌تواند به حسگر فشار وارد کند (۲۳). دستگاه به گونه‌ای برنامه‌نویسی شد که با ثبت اولین نیروی بالاتر از ۵۰ درصد قدرت زبان، شروع به ثبت داده می‌کند. زمانی که نیروی وارد از طرف زبان به مدت ۲ ثانیه متوالی به کمتر از ۵۰ درصد حداکثر می‌رسد، دستگاه سنجش نیرو را متوقف می‌کند و مدت زمان را به عنوان استقامت ایزومتریک فرد در نظر می‌گیرد و بر حسب ثانیه روی نمایشگر دستگاه نمایش می‌دهد.

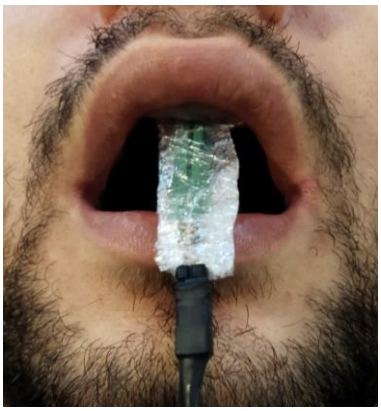
مقدار نیروی مورد نظر در محاسبه استقامت ایزوتونیک نیز برابر است با نیروی هدف در تکلیف سنجش استقامت ایزومتریک، با این تفاوت که در محاسبه استقامت ایزوتونیک، تعداد دفعاتی که فرد می‌تواند با نیروی هدف به حسگر نیرو وارد کند، اهمیت دارد (۲۳). دستگاه تعداد دفعاتی که فرد با نیرویی معادل حداقل ۵۰ درصد قدرت به حسگر فشار می‌دهد را ثبت و به عنوان استقامت ایزوتونیک بر روی صفحه نمایشگر نمایش می‌دهد. مشابه تکلیف قبل، ۵۰ درصد قدرت به شکل خودکار توسط دستگاه محاسبه می‌شود و مبنای محاسبات قرار می‌گیرد. در این تکلیف، چنانچه فرد در دو تلاش متوالی نتواند نیرویی معادل نیروی هدف وارد کند، تمرین متوقف می‌شود.

توان تحت عنوان توانایی عضله برای انقباضات سریع و با نیروی مشخص تعریف می‌شود (۲۴). به منظور اندازه‌گیری توان زبان، سطح نیروی هدف، ۷۵ درصد حداکثر قدرت زبان در نظر گرفته شد (۲۳). دستگاه به گونه‌ای برنامه‌نویسی شد که این سطح به صورت خودکار محاسبه می‌گردد و به عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود. در این تکلیف، از فرد درخواست می‌گردد تا در مدت ۱۰ ثانیه با ۷۵ درصد حداکثر قدرت زبانی خود، هر تعداد دفعاتی که می‌تواند به سرعت به حسگر نیرو وارد کند (۲۳). دفعاتی که معیار مذکور را داشته باشند، توسط دستگاه شمرده می‌شوند و در انتهای ۱۰ ثانیه، تعداد دفعات روی نمایشگر نمایش داده می‌شود.

فاز دوم: بررسی پایایی داده‌ها

پس از کسب تأییدیه کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، ۵۰ فرد سالم به روش نمونه‌گیری در دسترس، از بین کارمندان و دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل سن ۲۰ تا ۵۰ سال، نداشتن سابقه اختلال بلع یا اختلالات نورولوژیک بر اساس گزارش فرد و نداشتن نقایص ساختاری در ناحیه دهان و زبان بود. معیارهای خروج نیز شامل حساسیت بیش از حد رفلکس تهوع به گونه‌ای که قرار دادن حسگر در محل مورد نظر را دشوار یا غیر قابل تحمل کند و درخواست فرد برای انصراف از ادامه مطالعه بود. هیچ یک از شرکت‌کنندگان در مراحل آزمون و بازآزمون از تحقیق خارج نشدند. نمونه‌گیری از دی سال ۱۴۰۰ تا فروردین سال ۱۴۰۱ انجام شد. پس از توضیح کامل روند پژوهش، رضایت‌نامه آگاهانه از شرکت‌کنندگان اخذ گردید.

به منظور بررسی پایایی آزمون- بازآزمون قدرت و استقامت ایزومتریک زبان، شرکت‌کنندگان در وضعیت نشسته، با سر در وضعیت طبیعی و بدون انحراف به طرفین یا در جهت قدامی- خلفی و در حالی که رو به جلو نگاه می‌کردند، قرار گرفتند. حسگر دستگاه پس از پوشاندن با ورقه سلفون، با استفاده از چسب دندانی بر روی نخستین نقطه سخت‌کام پس از ستیغ لثوی و درست بر روی سوراخ اینسایسیو ثابت شد (شکل ۲). پیش از انجام آزمون اصلی، شرکت‌کننده یک بار به صورت آزمایشی زبان خود را با حداکثر قدرت به مدت ۵ ثانیه به حسگر فشار داد. سپس تکلیف قدرت در سه تکرار انجام شد و بین هر تکرار یک دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. حسگر در طول آزمون در محل مورد نظر باقی می‌ماند و ثبات آن بررسی می‌شد. نیروی ثبت شده با استفاده از دستگاه در هر تکرار ثبت و میانگین سه تکرار به عنوان قدرت زبان محاسبه گردید. تکالیف با دهان نسبتاً بسته انجام شد و برای ارایه بازخورد دیداری، صفحه نمایش دستگاه در معرض دید شرکت‌کننده قرار گرفت.



شکل ۲. اتصال حسگر با چسب دندانی به کام

پس از انجام سومین تکرار تکلیف قدرت، استقامت ایزومتریک زبان بر اساس نیروی ثبت شده در تکرار سوم ارزیابی شد. شرکت‌کننده موظف بود زبان خود را تا حد امکان با نیرویی معادل حداقل ۵۰ درصد نیروی ثبت شده در سومین تکرار قدرت به حسگر فشار دهد. مدت زمان حفظ این نیرو بر حسب ثانیه و بر اساس نمایش دستگاه، به عنوان استقامت ایزومتریک زبان ثبت گردید. سپس حسگر از دهان خارج شد. مرحله بازآزمون پس از حداقل یک ساعت و حداکثر یک روز انجام شد و تمامی مراحل آزمون اولیه مجدد تکرار و شاخص‌های قدرت و استقامت ایزومتریک زبان ثبت گردید.

http://jrrs.mui.ac.ir

به منظور بررسی تکرارپذیری داده‌های مربوط به قدرت و استقامت ایزومتریک زبان در مراحل آزمون و بازآزمون، از ضریب همبستگی درون طبقه‌ای (Intraclass correlation coefficient یا ICC) با مدل دو طرفه تصادفی، توافق مطلق و میانگین اندازه‌گیری‌ها (استفاده شد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ (version 21, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در پایان فاز اول، دستگاهی برای کمی‌سازی عملکرد زبان ساخته شد که قادر به سنجش چهار شاخص قدرت، استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان زبان بود (شکل ۳). مراحل ثبت اختراع آن در اداره مالکیت معنوی سازمان ثبت اسناد و املاک کشور طی شد و در نهایت، با شماره ۱۰۵۷۸۴ به ثبت رسید.



شکل ۳. دستگاه سنجش قدرت زبان

در این دستگاه، حسگر از طریق سیم به بدنه دستگاه متصل بود و اطلاعات را برای پردازش به بورد داخلی منتقل می‌کرد. روی قاب بیرونی، نمایشگر برای نشان دادن داده‌ها و یک لامپ LED جهت بازخورد دیداری تعبیه شده بود. چهار کلید نیز برای انتخاب و اجرای تکالیف مختلف استفاده می‌شد. به منظور سنجش قدرت، پس از اتصال دستگاه به منبع تغذیه و انتخاب حالت Strength، حسگر پوشانده شده با سلفون و آغشته به مقدار اندکی چسب دندانی پشت ستیغ لثوی در ابتدای سخت‌کام ثابت می‌شد. با آماده‌سازی دستگاه و ورود اولین نیروی قابل ثبت، زمان‌سنج آغاز می‌شد و فرد به مدت ۵ ثانیه با حداکثر قدرت به حسگر فشار وارد می‌کرد. پس از پایان زمان، دستگاه به شکل خودکار متوقف و مقدار قدرت بر حسب نیوتون نمایش داده می‌شد. در حالت Endurance، دستگاه به طور خودکار ۵۰ درصد قدرت ثبت شده را به عنوان نیروی هدف محاسبه می‌کرد. آزمودنی تا حد امکان فشار خود را در این سطح حفظ می‌کرد. اگر نیرو ۲ ثانیه متوالی پایین‌تر از مقدار هدف قرار می‌گرفت، تکلیف خاتمه می‌یافت و زمان بر حسب ثانیه و به عنوان شاخص استقامت ایزومتریک نمایش داده می‌شد. برای استقامت ایزوتونیک، تعداد تکرارهای معتبر با نیروی حداقل ۵۰ درصد قدرت محاسبه و بر صفحه نمایشگر نمایان می‌شد. برای توان نیز نیروی هدف ۷۵ درصد قدرت بود و تعداد تکرارهای معتبر در بازه ۱۰ ثانیه به طور خودکار بر صفحه نمایشگر ثبت می‌شد.

در فاز دوم، ۵۰ فرد سالم (۲۴ زن و ۲۶ مرد)، تکالیف قدرت و استقامت ایزومتریک را انجام دادند. میانگین سن افراد، ۶/۰ ± ۳۲/۲ سال بود و در دامنه سنی ۲۳ تا ۴۶ سال قرار داشتند. نتایج توصیفی و پایایی آزمون- بازآزمون قدرت و استقامت ایزومتریک زبان در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج نشان داد که پایایی داده‌های به دست آمده از دو تکلیف قدرت و استقامت ایزومتریک زبان حاصل از این دستگاه در جوانان سالم «بسیار بالا» می‌باشد (۲۵).

بحث

پژوهش حاضر با دو هدف ساخت نمونه اولیه یک دستگاه داخلی برای سنجش میزان فشار زبان بر کام و بررسی تکرارپذیری داده‌های قدرت و استقامت ایزومتریک آن در افراد سالم انجام شد. نتیجه فاز اول نشان داد که ساخت دستگاهی با قابلیت اندازه‌گیری چهار شاخص عملکردی زبان امکان‌پذیر است و در فاز دوم نیز داده‌های قدرت و استقامت ایزومتریک در آزمون و بازآزمون پایایی بسیار بالایی را نشان داد.

یکی از ویژگی‌های اصلی نمونه ساخته شده، استفاده از حسگر FSR402 با ضخامت کم و انعطاف‌پذیری بالا است. این ویژگی‌ها نصب حسگر به سخت‌کام را تسهیل کرد و به شرکت‌کننده اجازه داد تکلیف فشردن زبان را با دهان تقریباً بسته انجام دهد؛ وضعیتی که به پوسچر دهان در بلع نزدیک‌تر است. همچنین، امکان پوشاندن حسگر با سلفون باعث شد برای هر فرد نیازی به تعویض حسگر نباشد و هزینه استفاده کاهش یابد. در مقابل، پوشاندن دقیق حسگر با سلفون به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت زمان‌بر بود و برای نمونه‌های تکمیلی، استفاده از کاورهای قالب‌گیری شده مناسب حسگر پیشنهاد می‌شود. مزیت دیگر دستگاه، تجمیع چهار شاخص قدرت، استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان در یک سامانه بود. برنامه‌ریزی این شاخص‌ها به طور عمده براساس تعاریف مطرح شده در مطالعه Clark انجام شد (۲۳). نیروی هدف برای استقامت ایزومتریک و ایزوتونیک به صورت ثابت ۵۰ درصد قدرت و برای توان ۷۵ درصد قدرت تعریف گردید.

جدول ۱. نتایج توصیفی پایایی آزمون- بازآزمون قدرت و استقامت ایزومتریک زبان

متغیر	مرحله	میانگین ± انحراف معیار	دامنه	ICC (حد پایین- حد بالا)	مقدار P
قدرت زبان (نیوتون)	آزمون	۸/۸۲ ± ۱/۶۲	۴/۹۲-۱۲/۰۳	۹۰ درصد (۹۵-۸۳ درصد)	< ۰/۰۰۱
	بازآزمون	۸/۸۷ ± ۱/۵۸	۵/۶۱-۱۲/۱۶		
استقامت ایزومتریک زبان (ثانیه)	آزمون	۳۰/۸۴ ± ۵/۶۰	۱۷-۴۲	۹۱ درصد (۹۵-۸۴ درصد)	< ۰/۰۰۱
	بازآزمون	۳۱/۱۲ ± ۵/۶۱	۱۵-۴۴		

ICC: Intraclass correlation coefficient

http://jrrs.mui.ac.ir

از دیدگاه بالینی، ثابت بودن این سطوح می‌تواند کار درمانگر را ساده‌تر کند؛ چرا که مقادیر مبنا از قبل در برنامه تعریف شده‌اند و نیازی به بازتعریف مقادیر توسط درمانگران وجود ندارد، اما برای اهداف پژوهشی، امکان تغییر سطوح مبنا و بازه‌های زمانی توسط کاربر می‌تواند انعطاف‌پذیری دستگاه را افزایش دهد.

نمونه ساخته شده، داده قدرت را بر حسب نیوتون گزارش کرد؛ در حالی که IOPI که یکی از ابزارهای شناخته شده اندازه‌گیری عملکرد زبان است، داده را بر حسب کیلوپاسکال نمایش می‌دهد. این تفاوت واحد می‌تواند یکی از موانع مقایسه مستقیم با داده‌های حاصل از IOPI باشد. همچنین، به علت نبود نمونه تجاری IOPI در ایران، امکان مقایسه هم‌زمان داده‌های این دستگاه با یک ابزار معیار در تحقیق حاضر وجود نداشت. بر این اساس، بررسی امکان تبدیل خروجی به کیلوپاسکال و مقایسه مستقیم با ابزار استاندارد در نسخه‌های بعدی پیشنهاد می‌شود. لامپ LED تعبیه شده روی دستگاه در طول تکالیف، بازخورد دیداری ارایه می‌کرد؛ به گونه‌ای که با افزایش فشار زبان بر کام، شدت نور بیشتر می‌شد. این بازخورد به ویژه برای تکلیف استقامت مفید بود، اما در نمونه‌های تکمیلی این دستگاه، طراحی یک برنامه قابل نصب روی رایانه یا تلفن همراه جهت نمایش برخط نمودارهای عملکرد احتمالاً می‌تواند بازخورد دیداری گسترده‌تری در اختیار کاربر قرار دهد.

نتایج فاز دوم اهمیت ویژه‌ای برای ارزیابی قابلیت تکرار اندازه‌گیری داشت. یکی از عوامل بالقوه مؤثر بر پایایی، محل چسباندن حسگر بود؛ چرا که تفاوت قابل توجه در محل حسگر می‌توانست نتایج دو نوبت را تغییر دهد. با این حال، مقدار ICC برابر با ۹۰ درصد برای قدرت و ۹۱ درصد برای استقامت ایزومتریک نشان داد که در افراد سالم، اجرای دستورالعمل و جایگذاری حسگر منجر به ثبات بالای اندازه‌گیری شده است. بر اساس طبقه‌بندی مونرو، هر دو مقدار در محدوده پایایی بسیار بالا قرار گرفتند (۲۵). این یافته با نتایج مطالعه Clark و همکاران (۲۶) همسو بود. در تحقیق آنان، قدرت زبان ۱۲ شرکت‌کننده مبتلا به اختلال بلع با استفاده از IOPI در دو نوبت با فاصله ۳۶ ساعت اندازه‌گیری و همبستگی ۹۷ درصدی بین دو نوبت گزارش گردید (۲۶).

محدودیت‌ها

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌های روش‌شناختی بود که باید در مطالعات آینده به آن‌ها توجه شود. یکی از محدودیت‌های اصلی، عدم دسترسی به نمونه خارجی مشابه به دلیل قیمت بالا و محدودیت‌های خرید از خارج از کشور بود. به همین دلیل، امکان بررسی مستقیم ساز و کار و ساختار دستگاه‌های خارجی و مقایسه هم‌زمان عملکرد نمونه ساخته شده با یک ابزار معیار فراهم نشد و اطلاعات مرتبط با ابزارهای خارجی از مقالات و منابع معرفی‌کننده آن‌ها استخراج گردید. همچنین، پایایی داده‌های حاصل از دستگاه، فقط در افراد سالم ۲۰ تا ۵۰ سال بررسی شد. بنابراین، یافته‌های تکرارپذیری مطالعه به طور مستقیم قابل تعمیم به افراد سالمند یا بیماران دارای نقایص دهانی- حلقی نیست.

پیشنهادها

انجام تحقیقات آینده و بررسی تکرارپذیری یافته‌های این ابزار در سالمندان و همچنین، بیماران مبتلا به نقایص دهانی- حلقی با علت‌شناسی‌های عصب‌شناختی و ساختاری مختلف پیشنهاد می‌گردد. بررسی روایی تفکیکی، اثر سن و جنسیت بر داده‌های حاصل از این ارزیابی و تعیین هنجار قدرت و استقامت زبان در گروه‌های سنی مختلف به انجام پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر منجر به ساخت نمونه اولیه دستگاه سنجش میزان فشار زبان بر کام شد که قادر به ارزیابی چهار شاخص قدرت،استقامت ایزومتریک، استقامت ایزوتونیک و توان زبان می‌باشد و استفاده از آن حداقل در افراد سالم برای درمانگران کاملاً آسان و بدون مشکل جدی است. همچنین، تکرارپذیری بسیار بالای نتایج مربوط به قدرت و استقامت ایزومتریک حاصل از این دستگاه در جوانان سالم مشاهده شد، اما تکرار تحقیق در افراد سالمند و افراد دچار نقایص دهانی- حلقی نیز نیاز است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. دکتر مرضیه پورجواد، بودجه اجرای پژوهش حاضر را در قالب طرح تحقیقاتی با کد علمی ۱۹۹۱۰۳ از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان دریافت کرد.

نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: مرضیه پورجواد، پیمان امیری‌فر
جذب منابع مالی: مرضیه پورجواد
خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی پروژه: مرضیه پورجواد
فراهم نمودن تجهیزات و نمونه‌ها: پیمان امیری‌فر
جمع‌آوری داده‌ها: پیمان امیری‌فر
تحلیل و تفسیر نتایج: مرضیه پورجواد
خدمات تخصصی آمار: مرضیه پورجواد
تنظیم دست‌نوشته: مرضیه پورجواد، پیمان امیری‌فر
ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی: مرضیه پورجواد، پیمان امیری‌فر
تأیید دست‌نوشته نهایی: مرضیه پورجواد، پیمان امیری‌فر
مسؤولیت حظ یکپارچگی انجام مطالعه از اغاز تا زمان انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: مرضیه پورجواد، پیمان امیری‌فر

منابع مالی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل ثانویه بخشی از اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد گفتار درمانی با شماره ۱۹۹۱۰۳ و کد اخلاق IR.MUI.MED.REC.1399.314 و با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تنظیم گردید. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در جمع‌آوری، تحلیل و گزارش داده‌ها، تنظیم و تأیید نهایی دست‌نوشته اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

References

1. Sasegbon A, Hamdy S. The anatomy and physiology of normal and abnormal swallowing in oropharyngeal dysphagia. Neurogastroenterology and motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society. 2017; 29(11): e13100.
2. Lee JH, Kim HS, Yun DH, Chon J, Han YJ, Yoo SD, et al. The Relationship between Tongue Pressure and Oral Dysphagia in Stroke Patients. Annals of rehabilitation medicine. 2016; 40(4): 620-8.
3. Christmas C, Rogus-Pulia N. Swallowing Disorders in the Older Population. Journal of the American Geriatrics Society. 2019; 67(12): 2643-9.
4. Cullins MJ, Connor NP. Reduced tongue force and functional swallowing changes in a rat model of post stroke dysphagia. Brain Research. 2019; 1717: 160-6.
5. Potter NL, Bajwa A, Wilson EH, VanDam M. Developmental Changes in Tongue Strength, Swallow Pressures, and Tongue Endurance. Dysphagia. 2020; 36(5): 854-63.
6. Youmans SR, Stierwalt JA. Measures of tongue function related to normal swallowing. Dysphagia. 2006; 21(2): 102-11.
7. Kim HD, Choi JB, Yoo SJ, Chang MY, Lee SW, Park JS. Tongue-to-palate resistance training improves tongue strength and oropharyngeal swallowing function in subacute stroke survivors with dysphagia. Journal of Oral Rehabilitation. 2017; 44(1): 59-64.
8. Park JS, Lee SH, Jung SH, Choi JB, Jung YJ. Tongue strengthening exercise is effective in improving the oropharyngeal muscles associated with swallowing in community-dwelling older adults in South Korea: A randomized trial. Medicine. 2019; 98(40): e17304.
9. Moon JH, Hahm SC, Won YS, Cho HY. The effects of tongue pressure strength and accuracy training on tongue pressure strength, swallowing function, and quality of life in subacute stroke patients with dysphagia: a preliminary randomized clinical trial. International Journal of Rehabilitation. 2018; 41(3): 204-10.
10. Husaini H, Krisciunas GP, Langmore S, Mojica JK, Urken ML, Jacobson AS, et al. A survey of variables used by speech-language pathologists to assess function and predict functional recovery in oral cancer patients. Dysphagia. 2014; 29(3): 376-86.
11. Namiki C, Hara K, Tohara H, Kobayashi K, Chantaramanee A, Nakagawa K, et al. Tongue-pressure resistance training improves tongue and suprahyoid muscle functions simultaneously. Clinical interventions in aging. 2019; 14: 601-8.
12. Burkhead LM, Sapienza CM, Rosenbek JC. Strength-training exercise in dysphagia rehabilitation: principles, procedures, and directions for future research. Dysphagia. 2007; 22(3): 251-65.
13. McCormack J, Casey V, Conway R, Saunders J, Perry A. OroPress a new wireless tool for measuring oro-lingual pressures: a pilot study in healthy adults. Journal of neuroengineering and rehabilitation. 2015; 12: 32.
14. Rezende BA, Furlan RMMM, Casas EBdL, Motta AR. Clinical assessment of the tongue in healthy young adults. Revista CEFAC. 2016; 18: 559-67.
15. Ball S, Idel O, Cotton SM, Perry A. Comparison of two methods for measuring tongue pressure during swallowing in people with head and neck cancer. Dysphagia. 2006; 21(1): 28-37.
16. Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y, Groher ME. Comparison of three types of tongue pressure measurement devices. Dysphagia. 2011; 26(3): 232-7.
17. Yoshida M, Groher ME, Crary MA, Mann GC, Akagawa Y. Comparison of surface electromyographic (sEMG) activity of submental muscles between the head lift and tongue press exercises as a therapeutic exercise for pharyngeal dysphagia. Gerodontology. 2007; 24(2): 111-6.
18. Ono T, Hori K, Tamine K-i, Maeda Y. Evaluation of tongue motor biomechanics during swallowing—from oral feeding models to quantitative sensing methods. Japanese Dental Science Review. 2009; 45(2): 65-74.
19. Hewitt A, Hind J, Kays S, Nicosia M, Doyle J, Tompkins W, et al. Standardized instrument for lingual pressure measurement. Dysphagia. 2008; 23(1): 16-25.
20. Stojanović G, Radovanović M, Vasiljević D, Kojić T, Pivaš B, Puškar T, et al. Comparison of Performances of Flexible Tailor-Made Force Sensing Resistors Fabricated Using Inkjet and Xurographic Techniques. Journal of Sensors. 2019; 2019(1): 9181492.
21. Pérez B, Vito A, Sánchez I, Uzcátegui G, Gonzalez Y. Measuring occlusal bite forces with a force sensing resistor. 2014. p. BSB25-BSB30.
22. Gu Y, Bai Y, Xie X. Bite Force Transducers and Measurement Devices. Frontiers in bioengineering and biotechnology. 2021; 9: 665081.
23. Clark HM. Specificity of training in the lingual musculature. Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR. 2012; 55(2): 657-67.
24. Moon JH, Hong DG, Kim KH, Park YA, Hahm SC, Kim SJ, et al. Effects of lingual strength training on lingual strength and articulator function in stroke patients with dysarthria. Journal of Physical Therapy Science. 2017; 29(7): 1201-4.
25. Munro BH. Statistical methods for health care research: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
26. Clark HM, Henson PA, Barber WD, Stierwalt JA, Sherrill M. Relationships among subjective and objective measures of tongue strength and oral phase swallowing impairments. American journal of speech-language pathology. 2003; 12(1): 40-50.

DOI: 10.48305/jrrs.2026.46962.1174 Published by Vesnu Publications

Development of a Prototype Tongue Strength Measurement Device and Evaluation of the Test–Retest Reliability of Tongue Strength and Isometric Endurance: A Psychometric Study

Peyman Amirifar[1], Marziyeh Poorjavad[2]

Original Article

Abstract

Introduction: The tongue plays a vital role in swallowing and speech, and neurological disorders such as stroke may cause tongue weakness and functional impairment. Conventional tongue strength assessment is predominantly qualitative and dependent on clinical judgment, limiting its ability to quantify tongue pressure and monitor functional changes. Given the lack of commercially available tongue-strength measurement devices in Iran, this study aimed to design and develop a prototype device and to evaluate the test–retest reliability of tongue-strength and isometric-endurance measurements in healthy young adults.

Materials and Methods: The study comprised two phases. In the first phase, a prototype device was designed and developed. In the second phase, the test–retest reliability of tongue strength and isometric endurance measurements was assessed in 50 healthy young adults.

Results: A device incorporating a thin, flexible sensor was developed. The device was easy to use in healthy individuals and was designed to measure four indices of tongue function: strength, isometric endurance, isotonic endurance, and power. Test–retest analysis demonstrated statistically significant agreement between measurements obtained at the two assessment sessions for both tongue strength and isometric endurance. The intraclass correlation coefficients were 90% for tongue strength and 91% for isometric endurance.

Conclusion: The prototype was designed to assess four indices of tongue function: strength, isometric endurance, isotonic endurance, and power. The reliability assessment demonstrated very high reproducibility of tongue strength and isometric endurance measurements in healthy young adults. Further studies are needed to examine reliability in older adults and in individuals with oropharyngeal impairments, and to establish the validity of measurements obtained with the device.

Keywords: Dysphagia; Instrumental assessment; Tongue; Strength; Endurance

Citation: Amirifar P, Poorjavad M. **Development of a Prototype Tongue Strength Measurement Device and Evaluation of the Test–Retest Reliability of Tongue Strength and Isometric Endurance: A Psychometric Study.** J Res Rehabil Sci 2025; 21.

Received date: 31.12.2024 Accept date: 04.02.2024 Published: 03.04.2025

1- Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- PhD, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation Sciences AND Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Marziyeh Poorjavad; PhD, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation Sciences AND Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: mpoorjavad@rehab.mui.ac.ir