

Fisiología del ejercicio en la práctica de la vocología colombiana: una necesidad

Exercise physiology in Colombian vocology practice: a necessity

Fernando Delprado-Aguirre¹ 

¹ Facultad de Ciencias de la Salud; Fundación Universitaria María Cano; Medellín; Colombia.

 **Correspondence**
andresfernandodelpradoaguirre@fumc.edu.co

How to cite

Delprado-Aguirre F. Fisiología del ejercicio en la práctica de la vocología colombiana: una necesidad. Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud. 2020;2(2): 44–55. <https://doi.org/10.46634/riics.31>

Recibido: 29/08/2020

Revisado: 10/10/2020

Aceptado: 19/10/2020

Invited editor

Lady Catherine Cantor-Cutiva, Ph.D. 

Editor

Jorge Mauricio Cuartas Arias, Ph.D. 

Coeditor

Fraidy-Alonso Alzate-Pamplona, MSc. 

Copyright © 2020. María Cano University Foundation. The *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud* provides open access to all its content under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (CC BY-NC-ND 4.0).

Conflicts of Interest

The authors have declared that no competing interests exist.

Data Availability Statement

All relevant data is in the article. For more detailed information, write to the Corresponding Author.

Funding

None. This research did not receive any specific grants from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Resumen

En los últimos años, la vocología ha prestado un interés particular a la investigación y aplicación clínica de principios –basados en la ciencia– que permitan maximizar el aprendizaje y el control motor asociados al funcionamiento de la voz. El proceso de producción vocal ocurre gracias a la acción coordinada de los subsistemas de respiración, fonación y resonancia. Estos, a su vez, deben su operatividad a la activación de diversos músculos que parecen comportarse de forma similar a aquellos que componen las extremidades. Teniendo esto en cuenta, los principios del ejercicio que han demostrado efectividad para mejorar la fuerza y resistencia de la musculatura de las extremidades podrían aplicarse al entrenamiento de la voz. En primer lugar, en este documento se presentan algunos aspectos funcionales del tejido muscular, describiendo las fibras musculares tipo I y II y puntualizando en la distribución de dichas fibras en la musculatura que hace parte de los subsistemas de la función vocal. En segundo lugar, se exponen las adaptaciones fisiológicas derivadas del ejercicio (acondicionamiento) así como de la degeneración propia de la inactividad (desacondicionamiento). Posteriormente, se hace una explicación del enfoque de ejercitación de resistencia progresiva junto a los cinco principios que lo definen, concentrada en su aplicación a la vocología. Finalmente, se argumenta la necesidad de incluir la ciencia del ejercicio en la práctica e investigación en vocología en el contexto colombiano a la luz de algunos reportes nacionales disponibles hasta la fecha.

Palabras clave

Ejercicio; fisiología; vocología; músculo; sobrecarga; voz; entrenamiento de la voz; trastornos de la voz; terapia por ejercicio; fonación; laringe.

Abstract

In recent years, vocology has focused especially in research and clinical application of evidence-based principles that enhance motor learning and motor control related to voice function. The process of voice production occurs due to coordinated action of respiration, phonation and resonance subsystems. Likewise, the function of these subsystems is a result of the activation of a variety of muscles that seem to behave similarly to skeletal limb muscles. Taking this into account, exercise principles that improve strength and endurance of skeletal limb muscles may also be applied to improve performance of voice production. First, this article focuses on functional aspects

Disclaimer

The opinions expressed in the article belong to the author and do not represent an official position of the María Cano University Foundation.

of muscle tissue; muscle fiber types I and II are described and, in the same way, the distribution of these fibers in voice production muscles is pointed out. Second, physiological adaptations to training (conditioning) as well as detraining from inactivity (deconditioning) are portrayed. Afterwards, progressive resistance training is explained next to its principles and its application to vocology. Finally, the paper argues the necessity of including exercise science into practice and research of vocology in Colombian context, based on some national reports available to date.

Keywords

Exercise; physiology; vocology; muscle; overload; voice; voice training; voice disorders; exercise therapy; phonation; larynx.

Introducción

El enfoque de algunas de las tendencias investigativas más prolíficas en fonología desde hace algunas décadas gira en torno al aprendizaje motor, la neuroplasticidad y el entrenamiento y fortalecimiento de habilidades motoras. Esto se hace evidente sobre todo en las áreas de habla –incluyendo la voz– y función oral faríngea [1,2]. Una de las revisiones más recientes en este tópico sugiere que la ciencia detrás del ejercicio y las formas sistemáticas de aprendizaje podrían ser un medio para progresar del enfoque tradicional (basado en la compensación de habilidades/modificación de síntomas) a un enfoque centrado en el (re)entrenamiento de habilidades/entrenamiento neuromuscular [3].

Fisiología del ejercicio

Históricamente, la terapia física ha comprobado la asociación que existe entre el ejercicio y la mejoría de habilidades motoras en distintas poblaciones con y sin patologías asociadas [4-6]. Con base en los datos empíricos recolectados en este terreno, el paradigma se trasladó al campo de la vocología, y fue integrado a distintos protocolos de educación y rehabilitación vocal [7,8]. Este tránsito fue factible gracias a la consideración de que la producción de voz es posible por la acción coordinada de los subsistemas que la componen (respiración, fonación y resonancia). Por su parte, estos deben su operatividad a la activación de un conglomerado de músculos dispuestos para facilitar la movilización del aire desde los pulmones, controlar las propiedades biomecánicas de los pliegues vocales y ajustar distintas configuraciones del tracto vocal. Estas funciones deben ser consideradas por el vocólogo que desea aplicar la fisiología del entrenamiento físico en su práctica clínica pues, según proponen LeBorgne y Rosenberg [9], la aplicación de la ciencia del ejercicio le permite identificar movimientos específicos que son ineficientes/compensatorios/nocivos/perjudiciales, modificarlos a partir del estudio de la mecánica del movimiento corporal y maximizar la ejecución motora mediante el fortalecimiento y el desarrollo de la resistencia de manera que haya una actividad funcional coordinada.

La aplicación de estos principios a la práctica de la vocología inicia con el conocimiento mismo de la composición muscular del sistema de producción vocal. Diversos tratados de fisiología han establecido que en el cuerpo humano pueden distinguirse tres tipos de tejido muscular: liso, cardíaco y estriado [10-13]. El primero es comandado por el sistema nervioso autónomo y, por tanto, su control está fuera de la voluntad. Algunos órganos conformados por músculo liso son el estómago o el esófago. Por su parte, el cardíaco tiene una conformación similar al estriado pero al igual

que el liso no puede ser controlado voluntariamente; solamente el corazón posee este tipo de músculo. Finalmente, el estriado o esquelético permite el movimiento corporal, la estabilidad postural y la generación de calor; además está sujeto al control voluntario. Los músculos de la respiración, la fonación y la resonancia tienen esta composición.

En la totalidad del músculo esquelético pueden encontrarse dos tipos diferentes de fibras: las tipo I (de contracción lenta pero resistentes a la fatiga) y las tipo II (de contracción rápida pero altamente fatigables). Aun cuando todos los músculos estriados poseen una mezcla de ambas fibras, siempre existirá un predominio dependiendo de su función específica; por ejemplo, los párpados cuentan con mayoría de fibras tipo II mientras que las extremidades están compuestas principalmente por fibras tipo I. Como se observa en la [Tabla 1](#), las del primer tipo presentan resistencia a la fatiga debido a una mayor concentración de mitocondrias y de capilares que aportan una cantidad de oxígeno superior en comparación con otras fibras [10]. A su vez, las de contracción rápida se pueden categorizar en tipo IIa y IIb. Las IIb son las más veloces pero son menos eficientes debido a la cantidad de energía necesaria por unidad motora y al metabolismo que emplean para conseguirla. Mientras tanto, aquellas tipo IIa se encuentran en una posición intermedia entre las tipo I y las tipo IIb y se adaptan positivamente ante el entrenamiento; aumentando su capacidad oxidativa [14].

Tabla 1. Características fisiológicas de los diferentes tipos de fibras musculares

	Fibras I	Fibras II	
		Fibras IIa	Fibras IIb
Contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Fatiga	Resistente	Resistente	Fatigable
Color	Rojo	Rojo	Blanco
Metabolismo	Oxidativo	Oxidativo	Glucolítico
Capilares	Muchos	Moderados	Pocos
Mitocondrias	Numerosas	Moderadas	Pocas

Fuente: adaptado de Silverthorn *et al.* [10] y Hall [13].

Sin duda alguna, los músculos que participan en los procesos de respiración, fonación y resonancia pueden ser examinados teniendo en cuenta el tipo de fibras que los componen [15-20]. En primer lugar, la evidencia disponible hasta la fecha sugiere que la musculatura involucrada en el mecanismo de producción de voz tiene características similares a la que compone las extremidades [20].

A continuación, se desglosa la distribución de fibras presentes en los músculos que componen los subsistemas de producción de voz. Para el subsistema de respiración, el reporte de Ruff y Whittlesey [19] apunta que los músculos intercostales contienen una proporción similar de fibras tipo I y II lo que les da la posibilidad de contraerse rápidamente cuando se requiere su acción para la respiración (principalmente la forzada) o de forma sostenida cuando es necesario para la producción del habla. Para el subsistema de fonación, los músculos tiroaritenoides y cricoaritenoides laterales poseen un predominio de fibras tipo II [15], mientras que el cricoaritenoides posterior y el cricotiroideo están compuestos preeminentemente por fibras tipo I [16,21,22]. Entretanto, el músculo interaritenoides dispone de un equilibrio de ambos tipos [17]. Según establecen LeBorgne y Rosenberg [9] las fibras rápidas del tiroaritenoides, el interaritenoides y el cricoaritenoides laterales son útiles para mantener

la función valvular laríngea y proteger la vía aérea. En contraste, las fibras de contracción lenta del cricoaritenideo posterior resultan útiles para permitir la apertura de la glotis y, consecuentemente, la respiración durante las 24 horas del día. Por último, para el sistema de resonancia, la musculatura mandibular, lingual y faríngea [18,20] parece estar compuesta por un predominio de fibras tipo II que responden especialmente a las tareas de habla y deglución de las que son responsables.

Mecanismos adaptativos musculares

El tejido muscular exhibe distintas respuestas fisiológicas en función del aumento o disminución de las demandas que se le imponen. Estas respuestas incluyen la redistribución del tipo de fibras musculares y sus atributos metabólicos, cambios en la unión neuromuscular así como de la densidad capilar [23]. Cuando el escenario comprende el aumento en la demanda muscular, ocurre el *acondicionamiento*; este mecanismo de adaptación inicia con modificaciones prácticamente imperceptibles en la activación del sistema nervioso [24]. Estos cambios tempranos (que incluyen mayor velocidad y volumen en el reclutamiento de unidades motoras) son un precepto obligatorio para mejorar la fuerza, la coordinación y la precisión del movimiento. Posteriormente, se evidencian transformaciones morfológicas que incluyen la hipertrofia y la redistribución de fibras musculares dependiendo del tipo de movimiento con el que el músculo fue entrenado [25]. A la vez, es esperable una reorganización cortical pues, según lo demostrado en algunos hallazgos imagenológicos y algunos reportes en modelos animales, el entrenamiento genera reformas estructurales en el sistema nervioso a modo de sinaptogénesis y ramificaciones dendríticas [26-28]. La literatura sobre el ejercicio manifiesta que durante las cuatro primeras semanas de entrenamiento ocurren las consecuencias a nivel neuromuscular; posterior a la quinta semana, empiezan a observarse los efectos de la hipertrofia en la ejecución motora [25]. En el campo de la vocología la evidencia es insuficiente para definir un tiempo de acondicionamiento, aunque se ha reportado un promedio de ocho semanas para conseguir cambios estables en la emisión vocal; no obstante, estos pueden aparecer más temprano durante la realización del programa [29].

La contraparte del acondicionamiento cursa con atrofia, reducción de la capacidad generadora de fuerza y aumento en la distribución de fibras altamente fatigables como las tipo IIb. Este proceso recibe el nombre de *desacondicionamiento* y acontece en un menor período que el invertido para mejorar la función muscular. En solo cuatro semanas de inactividad los niveles de ejecución pueden retornar a los basales [30]. Estos efectos negativos son fácilmente observables en condiciones patológicas que generan inactividad muscular; por ejemplo la sarcopenia derivada de estancias prolongadas en cama o de lesiones medulares que impiden la movilidad voluntaria de las piernas. En el caso de la voz, puede observarse en condiciones patológicas que involucren una disminución de la capacidad de producir voz [31], en las recidivas resultantes de tratamientos/entrenamientos de voz incompletos [29] o como consecuencia de los cambios esperables secundarios al envejecimiento [32].

Principios del ejercicio

Para que el acondicionamiento ocurra es necesario llevar al sistema neuromuscular más allá de sus límites, ya que, si la ejecución motora se mantiene dentro de lo usual, las adaptaciones simplemente no ocurrirán [2]. El enfoque de entrenamiento recién descrito se conoce como *ejercitación de resistencia progresiva* y consiste en medir la habilidad del músculo para producir fuerza de forma tal que, a partir de esta medición, se aumente la capacidad del tejido [7,8]. En la práctica clínica, el vocólogo determina la magnitud cúspide de un comportamiento vocal específico mediante la ejecución de una tarea hasta el extremo (por ejemplo, un *glissando*

desde la nota más baja hasta la más alta posible). Este ejercicio suele denominarse *repetición máxima* y se denota como RM [33]. La RM solo debe realizarse para establecer una línea base, puesto que ejecutar un tratamiento con el esfuerzo máximo puede derivar en lesiones. Por lo tanto, durante el entrenamiento se ejecutan acciones que demanden entre el 45% y el 80% de la capacidad total. Inclusive, en la etapa temprana de la terapia, la exigencia puede estar entre el 45% y el 50% de la RM dado que esta fase está más centrada en el aprendizaje motor y la coordinación que en aumentar la capacidad generadora de fuerza del músculo [33]. Cualquier programa de entrenamiento/rehabilitación vocal que involucre la ciencia del ejercicio dentro de sus protocolos considera los principios definidos en la [Tabla 2](#).

La evaluación de la función vocal y la prescripción de modalidades para remediar una lesión o para potenciar las habilidades específicas requieren (al menos en parte) la comprensión e implementación apropiada de la fisiología del ejercicio y los principios del aprendizaje motor [34]. Al involucrar este paradigma se acepta que las terapias que usan la ciencia del ejercicio se basan en la idea de que existe una adaptación biológica en el cuerpo que mejora la ejecución vocal. Sapienza y Hoffman [35] indican que los siguientes programas holísticos están basados en la ciencia del ejercicio: terapia de voz resonante de Lessac-Madsen (LMRVT), tratamiento de voz de Lee Silverman (LSVT), ejercicios de función vocal (VFE), ejercicios con tracto vocal semiocluido (TVSO) y el programa de fortalecimiento muscular respiratorio (RMST). Además, podrían agregarse a esta lista los ejercicios de entrenamiento de resistencia para la fonación (PhoRTE) y algunos programas de ejercicio para canto como entrenamiento de voz de Estill (EVT) o técnica vocal completa (CVT), entre otros [36,37]. Para una revisión detallada de estos programas se invita al lector a consultar la revisión narrativa de Ángel Gordillo [29].

Reflexión o punto de vista

En el contexto nacional, se encuentran reportes en los que puede evidenciarse la dilución que existe entre la fisiología del ejercicio y la práctica de la vocología. Pese a que las metodologías son variables, es posible clasificar estos informes en dos grandes grupos según las acciones sobre la voz: en primer lugar, las de entrenamiento y, en segundo lugar, las de rehabilitación vocal. Al menos tres investigaciones cuantificaron el efecto fisiológico de los ejercicios con tracto vocal semiocluido y tareas específicas de canto en la función vocal de cantantes [43,44] y profesores [45]. Aun cuando uno de los estudios sometió a los participantes a un programa de entrenamiento, su estructuración metodológica es débil para determinar si los resultados son producto de este o son un cambio inmediato que ocurre al llevar a cabo los ejercicios [44]. Uno de los hallazgos comunes en estos tres reportes es que, si bien se observan cambios positivos en diversos parámetros de la función vocal, estas modificaciones no se mantienen en el tiempo y regresan a niveles basales luego de ejecutar las actividades indicadas. Esto toma sentido a la luz de la fisiología del ejercicio y el aprendizaje motor puesto que, para lograr cambios neuromotores en la producción de voz, se deben realizar las rutinas con una continuidad determinada y con unas exigencias específicas. Por añadidura, algunos datos empíricos soportan estos hechos al demostrar cómo, al prolongar programas terapéuticos similares a los estudiados por los investigadores colombianos, los resultados logran estabilizarse y mantenerse [46].

De forma análoga, otro grupo de estudios exploró los efectos de diversas intervenciones en la voz de sujetos con algún tipo de disfonía [47-54]. Por un lado, los estudios de Calvache [47] y Guzmán [54] analizaron los efectos producidos a corto plazo por diversos ejercicios con tracto vocal semiocluido en el grado de contacto de los pliegues y en las mediciones de economía vocal. Solo en una de estas investigaciones los autores reconocen que las varia-

Tabla 2. Principios del ejercicio y aplicación a la vocología

Principio	Definición y características	Aplicación en la vocología
Sobrecarga	<p>Aumentar la demanda sistemáticamente para promover las adaptaciones musculares necesarias a fin de superar dicha demanda [2].</p> <p>Puede definirse además en tres niveles:</p> <p>*Intensidad: nivel en el cuál un músculo debe ejecutar su función. Este nivel debe ser elevado durante la sesión y a lo largo del tiempo para promover la adaptación.</p> <p>*Resistencia progresiva: la carga impuesta sobre el músculo durante el programa de entrenamiento debe aumentarse progresivamente a medida que la RM avanza.</p> <p>*Volumen y frecuencia aumentados: El número de repeticiones dentro de una sesión y el número de sesiones de entrenamiento en un periodo de tiempo determinado deben ser altos para generar adaptaciones.</p>	<p>En vocología puede ser expuesto como <i>la ejecución de un tiempo máximo de fonación o la emisión con mayor sonoridad</i>.</p> <p>Ejemplos en programas holísticos:</p> <p>*Intensidad: en el programa de VFE deben realizarse emisiones sostenidas con TVSO estableciendo el tiempo máximo de fonación a partir de la medición aerodinámica [38].</p> <p>*Resistencia progresiva: En el programa PhoRTE se requiere aumentar la intensidad de emisión (medida en dB) progresivamente dependiendo de la medición del RM en dB [37].</p> <p>*Volumen y frecuencia: el programa LSVT propone la ejecución de 16 sesiones de 60 minutos durante un periodo de 4 semanas [39].</p>
Especificidad	<p>El entrenamiento debe estar diseñado para afectar a un músculo o grupo de músculos específicamente mediante la tarea seleccionada [9]. Solamente se adaptará el músculo entrenado y según el entrenamiento al que sea sometido (velocidad, rango de movimiento, resistencia o fuerza). Si el objetivo es modificar la voz y se condicionan exclusivamente los músculos de la respiración, el resultado no será tan efectivo comparado con un ejercicio en el que se incluya la producción vocal (respiración, fonación y resonancia simultáneas) para tareas específicas [7].</p>	<p>En vocología puede ser expuesto como <i>un desencadenante para obtener una cualidad vocal específica o la inclusión de palabras y frases</i>.</p> <p>Ejemplos en programas holísticos:</p> <p>*El programa CVT incluye distintas modificaciones del tracto vocal para lograr un producto vocal específico [40].</p> <p>*El programa LMRVT incluye palabras y frases en cada sesión para entrenar los comportamientos aprendidos en el habla misma [41].</p>
Adaptación	<p>El entrenamiento debe generar cambios en los sistemas metabólico, hormonal y neuromuscular. Así, los músculos son más eficientes para usar el sustrato de energía y las conexiones sinápticas.</p>	<p>Al saber del autor, en vocología solo existe evidencia de este proceso en modelos animales demostrando mayor reclutamiento de unidades motoras luego del entrenamiento [27].</p>
Mantenimiento	<p>El entrenamiento debe mantenerse en el tiempo para conservar los resultados.</p>	<p>En vocología, los programas de VFE y PhoRTE establecen protocolos de mantenimiento luego de la finalización del programa [37,38].</p>
Reversibilidad	<p>Cuando el entrenamiento se detiene se pierden los resultados y, lamentablemente, ocurre más rápido en comparación con el tiempo invertido para ganarlos.</p>	<p>En vocología reportes experienciales sugieren que detener el entrenamiento provoca desadaptación en profesionales de la voz [42].</p>

VFE: ejercicios de función vocal. TVSO: tracto vocal semiocluido. PhoRTE: ejercicios de entrenamiento de resistencia para la fonación. CVT: Técnica vocal completa. LMRVT: Terapia de voz resonante de Lessac-Madsen.

ciones evidenciadas durante la realización del ejercicio regresan a niveles basales cuando la actividad terapéutica finaliza. Estos hallazgos podrían reforzar la idea previamente planteada de que se requiere una ejecución sostenida en el tiempo y con una dosificación sistemática para mantener los beneficios conseguidos con las tareas estudiadas.

Por otro lado, varios reportes de caso [49-51,53], un único estudio de grupo [48] y un estudio experimental [52] observaron el efecto de diversos planes terapéuticos a largo plazo en distintas variables fisiológicas de la producción vocal. Dentro de los tratamientos se incluyeron ejercicios propios de la tendencia sintomática y de la fisiológica; en este último se encontraban protocolos con TVSO exclusivamente o como parte de programas de voz resonante. En cuanto a las mediciones, se usaron instrumentos autorreportados, evaluación audioperceptual, análisis acústico de la voz, variables aerodinámicas e imagenología laríngea. Pese a que estas investigaciones puedan incluir sesgos metodológicos y, por tanto, la fuerza de su evidencia no sea considerable, es importante resaltar que las mediciones observadas a largo plazo demuestran, al menos en parte, la persistencia de comportamientos benéficos que provienen de la ejecución continua de las actividades terapéuticas.

A pesar de que el eje central de estas investigaciones no era la aplicación de la fisiología del ejercicio a la habilitación de la voz, algunos aspectos relacionados con sus principios pueden identificarse en los distintos reportes que mostraron resultados positivos; por ejemplo, el volumen de práctica (por lo general aumentado), la especificidad (al usar la voz como elemento auto-restaurativo) o la adaptación (al mejorar distintas variables de función vocal). Stathopoulos y Felson [7] insisten en que dichos principios permiten comparar las terapias del pasado con las del presente y establecen que su incorporación en los métodos terapéuticos y de investigación refleja una maduración del campo de acción de la vocología [p. 232].

Ahora bien, dado que los aportes investigativos específicos en torno a la fisiología del ejercicio y la vocología son prácticamente inexistentes a nivel local, un enorme panorama de acción se posiciona en el futuro inmediato de la vocología colombiana. La investigación debe ofrecer respuestas acerca de las dosis de sobrecarga ideales en terapia vocal (basada en niveles de intensidad, resistencia y volumen aumentados; teniendo en cuenta los principios de aprendizaje que respaldan la práctica aumentada para lograr la estabilización de conductas motoras en la memoria a largo plazo). De la misma manera, deben plantearse estudios longitudinales que permitan explorar los efectos de planes de mantenimiento para evitar la pérdida de los resultados terapéuticos que ya se han conseguido. Finalmente, dado que en la actualidad los métodos para cuantificar la adaptación son altamente invasivos (incluyendo biopsias y estudios de señalización hormonal), debe insistirse en el uso de variables de función vocal y de comunicación funcional como parte de las mediciones del efecto de los tratamientos. Desde la perspectiva terapéutica, los clínicos colombianos deben resaltar el uso de la voz para rehabilitarse a sí misma (principio de especificidad) y establecer regímenes sistemáticos en los que se dosifique la sobrecarga y se opte por la prolongación de los resultados obtenidos a través de rutinas de mantenimiento debidamente sustentados.

Conclusiones

Mientras que la fisiología del ejercicio aplicada a la vocología ha sido explorada e investigada a nivel mundial, en Colombia el panorama de investigación y aplicación terapéutica con relación a este tópico, aunque incipiente, debe responder a retos de vasta naturaleza. En este artículo se presentaron aspectos vinculados con la función y distribución de las distintas fibras que componen la musculatura del sistema de producción vocal. Así mismo, se expuso la condición de las adaptaciones que experimenta el tejido muscular cuando es sometido

sistemáticamente al entrenamiento, haciendo especial énfasis en su aplicación al terreno de la vocología. Aunque esta aproximación a la habilitación vocal es solamente una parte del complejo de acciones que pueden efectuar los clínicos para educar/rehabilitar la voz, parece existir respaldo suficiente para incluirla entre los proyectos futuros tanto en el ámbito clínico como el investigativo.

Referencias

1. Maas E, Robin DA, Austermann Hula SN, Freedman SE, Wulf G, Ballard KJ, et al. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *Am J Speech-Language Pathol* [Internet]. 2008 Ago;17(3):277-98. Disponible en: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/1058-0360%282008/025%29>
2. Morgan LB. Exercise-based dysphagia rehabilitation: past, present, and future. *Perspect ASHA Spec Interes Groups* [Internet]. 2017 Ene;2(13):36-43. Disponible en: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/persp2.SIG13.36>
3. Zimmerman E, Carnaby G, Lazarus CL, Malandraki GA. Motor learning, neuroplasticity, and strength and skill training: moving from compensation to retraining in behavioral management of dysphagia. *Am J Speech-Language Pathol* [Internet]. 2020 Jul 10;29(2S):1065-77. Disponible en: http://pubs.asha.org/doi/10.1044/2019_AJSLP-19-00088
4. Taylor NF, Dodd KJ, Damiano DL. Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. *Phys Ther* [Internet]. 2005 Nov 1;85(11):1208-23. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/85/11/1208/2805087>
5. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, Anderson CS. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci* [Internet]. 2004 Ene 1;59(1):M48-61. Disponible en: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/59.1.M48>
6. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2004 Abr;36(4):674-88. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-200404000-00017>
7. Stathopoulos E, Felson Duchan J. History and principles of exercise-based therapy: how they inform our current treatment. *Semin Speech Lang* [Internet]. 2006 Nov;27(4):227-35. Disponible en: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2006-955113>
8. Sandage MJ, Pascoe DD. Translating exercise science into voice care. *Perspect Voice Voice Disord* [Internet]. 2010 Nov;20(3):84-9. Disponible en: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/vvd20.3.84>
9. LeBorgne W, Rosenberg M. Application of exercise physiology principles for vocal athletes during vocal injury recovery and performance maximization. *Perspect ASHA Spec Interes Groups* [Internet]. 2018 Ene;3(3):88-96. Disponible en: http://pubs.asha.org/doi/10.1044/2018_PERS-SIG3-2018-0003
10. Silverthorn DU, Johnson BR, Ober WC, Garrison CW, Silverthorn AC. *Human physiology an integrated approach*. 5.a ed. San Francisco: Pearson; 2010.
11. Boron WF, Boulpaep EL. *Medical physiology a cellular and molecular approach*. 2.a ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.

12. Koeppen B, Stanton B. *Berne & Levy Physiology*. 6.a ed. Elsevier; 2009.
13. Hall J. *Tratado de fisiología médica*. 13.a ed. Barcelona: Elsevier; 2016.
14. Smith AG, Sandage MJ, Pascoe DD, Plexico LW, Lima IR, Cao G. Elementary school teachers' vocal dose: muscle bioenergetics and training implications. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 2017 Jul 12;60(7):1831-42. Disponible en: http://pubs.asha.org/doi/10.1044/2016_JSLHR-S-16-0193
15. Hoh JFY. Laryngeal muscle fibre types. *Acta Physiol Scand*. 2005;183(2):133-49.
16. Li Z-B, Lehar M, Nakagawa H, Foon Yoong Hoh J, Flint PW. Differential expression of myosin heavy chain isoforms between abductor and adductor muscles in the human larynx. *Otolaryngol Neck Surg* [Internet]. 2004 Feb 17;130(2):217-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02699200410001703600>
17. Tellis CM, Thekdi A, Rosen C, Sciote JJ. Anatomy and fiber type composition of human interarytenoid muscle. *Ann Otol Rhinol Laryngol* [Internet]. 2004 Feb 28;113(2):97-107. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348940411300203>
18. Kairaitis K. Is the pharynx a muscular hydrostat? *Med Hypotheses* [Internet]. 2010;74(3):590-5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mehy.2009.06.040>
19. Ruff RL, Whittlesey D. Comparison of Na⁺ currents from type IIa and IIb human intercostal muscle fibers. *Am J Physiol Physiol* [Internet]. 1993 Jul 01;265(1):C171-7. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpcell.1993.265.1.C171>
20. Kent RD. The uniqueness of speech among motor systems. *Clin Linguist Phon* [Internet]. 2004 Sep 09;18(6-8):495-505. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02699200410001703600>
21. Tellis CM. A histochemical analysis of mitochondrial abnormalities in the type I fibers of human posterior cricoarytenoid muscle [Internet]. University of Pittsburgh; 2004. Disponible en: <http://d-scholarship.pitt.edu/10415/>
22. Happak W, Zrunek M, Pechmann U, Streinzer W. Comparative histochemistry of human and sheep laryngeal muscles. *Acta Otolaryngol* [Internet]. 1989 Ene 8;107(3-4):283-8. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/00016488909127510>
23. Burkhead LM, Sapienza CM, Rosenbek JC. Strength-training exercise in dysphagia rehabilitation: principles, procedures, and directions for future research. *Dysphagia* [Internet]. 2007 Jun 20;22(3):251-65. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00455-006-9074-z>
24. Moritani T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *J Biomech* [Internet]. 1993 Ene;26(SUPPL. 1):95-107. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002192909390082P>
25. Deschenes MR, Kraemer WJ. Performance and physiologic adaptations to resistance training. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2002 Nov;81(Supplement):S3-16. Disponible en: <http://journals.lww.com/00002060-200211001-00003>

26. McMullen CA, Butterfield TA, Dietrich M, Andreatta RD, Andrade FH, Fry L, et al. Chronic stimulation-induced changes in the rodent thyroarytenoid muscle. *J Speech, Lang Hear Res* [Internet]. 2011 Jun;54(3):845-53. Disponible en: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/1092-4388%282010/10-0127%29>
27. Johnson AM, Ciucci MR, Connor NP. Vocal training mitigates age-related changes within the vocal mechanism in old rats. *Journals Gerontol Ser A* [Internet]. 2013 Dic;68(12):1458-68. Disponible en: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/glt044>
28. Narayana S, Fox PT, Zhang W, Franklin C, Robin DA, Vogel D, et al. Neural correlates of efficacy of voice therapy in Parkinson's disease identified by performance-correlation analysis. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 2009;31(2):NA-NA. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/hbm.20859>
29. Ángel Gordillo LF. Terapia vocal: práctica basada en evidencia [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2017. Disponible en: <https://www.uneditorial.com/terapia-vocal-44-practica-basada-en-evidencia-medicina.html>
30. Mujika I, Padilla S. Muscular characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2001 Ago;33(8):1297-303. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-200108000-00009>
31. Sharkawi AE, Ramig L, Logemann JA, Paulowski BR, Rademaker AW, Smith CH, et al. Swallowing and voice effects of Lee Silverman Voice Treatment (LSVT(R)): a pilot study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 2002 Ene 01;72(1):31-6. Disponible en: <http://jnnp.bmj.com/cgi/doi/10.1136/jnnp.72.1.31>
32. Ziegler A, Hapner ER. Vocal Dose in Older Adults with Presbyphonia: An Analytic, Cross-Sectional Study. *J Voice* [Internet]. 2020;34(2):221-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.005>
33. Campos G, Luecke T, Wendeln H, Toma K, Hagerman F, Murray T, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2002 Nov 01;88(1-2):50-60. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-002-0681-6>
34. Rosenberg M, Wendy L. *The vocal athlete. Application and technique for the hybrid singer*. San Diego: Plural Publishing; 2014. 144 p.
35. Sapienza CM, Ruddy BH. Exercise-Based Treatments. *Perspect ASHA Spec Interes Groups* [Internet]. 2018 Ene;3(3):27-33. Disponible en: <http://pubs.asha.org/doi/10.1044/persp3.SIG3.27>
36. Montilla Escudero K. El twang en el estill voice y en la técnica vocal completa. *Areté* [Internet]. 2018;18(2S):61S-18S. Disponible en: <https://revistas.iberoamericana.edu.co/>
37. Ziegler A, Verdolini Abbott K, Johns M, Klein A, Hapner ER. Preliminary data on two voice therapy interventions in the treatment of presbyphonia. *Laryngoscope* [Internet]. 2014 Ago;124(8):1869-76. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/lary.24548>
38. Angadi V, Croake D, Stemple J. Effects of Vocal Function Exercises: A Systematic Review. *J Voice* [Internet]. 2019;33(1):124.e13-124.e34. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.031>

39. Yuan F, Guo X, Wei X, Xie F, Zheng J, Huang Y, et al. Lee Silverman Voice Treatment for dysarthria in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Neurol* [Internet]. 2020 Ago 12;ene.14399. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ene.14399>
40. Sundberg J, Bitelli M, Holmberg A, Laaksonen V. The "Overdrive" Mode in the "Complete Vocal Technique": A Preliminary Study. *J Voice* [Internet]. 2017;31(5):528-35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.02.009>
41. Yiu EML, Lo MCM, Barrett EA. A systematic review of resonant voice therapy. *Int J Speech Lang Pathol*. 2017;19(1):17-29.
42. Spencer M. Integration of singing into voice therapy. *J Sing*. 2009;66(2):161.
43. Calvache-Mora CA CA. Efectividad del calentamiento vocal fisiológico para cantantes. *Ciencias la Salud* [Internet]. 2016 Sep 13;14(3):367-79. Disponible en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/view/5145/3505>
44. Delprado Aguirre AF, Ángel Gordillo LF, Gutiérrez E, González Prieto CA. Efectos del calentamiento vocal en el soporte respiratorio y las características acústicas de la voz en un grupo de estudiantes integrantes de un coro, de nivel aficionado y sin formación vocal previa [Internet]. 2016. Disponible en: https://asofono.co/wp-content/uploads/2016/09/ICOV_p1-6_AtaraPiraquive_Revisionsistemica.pdf
45. Delprado Aguirre AF. Efectos inmediatos de dos ejercicios con tracto vocal semiocluido en la actividad laríngea de sujetos con esfuerzo vocal constante [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2019. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76401>
46. Guzmán M, Jara R, Olavarria C, Caceres P, Escuti G, Medina F, et al. Efficacy of water resistance therapy in subjects diagnosed with behavioral dysphonia: a randomized controlled trial. *J Voice* [Internet]. 2017;31(3):385.e1-385.e10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.005>
47. Calvache C, Guzman M, Bobadilla M, Bortnem C. Variation on vocal economy after different semiocluded vocal tract exercises in subjects with normal voice and dysphonia. *J Voice* [Internet]. 2020;34(4):582-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.01.007>
48. Rodríguez Campo A, Sastoque ME, Gómez C. Modification of integrated vocal disturbance index through voice therapy in individuals with functional dysphonia in Santiago de Cali, Colombia. *Rev Logop Foniatr y Audiol* [Internet]. 2019;39(1):20-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2018.05.002>
49. Calvache Mora CA, Ríos Ramírez MA. Rehabilitación vocal temprana de parálisis cordal unilateral: Aplicando principios de aprendizaje sensoriomotor. *Areté* [Internet]. 31 de diciembre de 2018;18(2 Sup):19-30. Disponible en: <https://arete.iberu.edu.co/article/view/art.182S03>
50. Peña Sánchez MJ. Guía para el fonoaudiólogo en evaluación e intervención de la disfonía por tensión muscular: Revisión y caso. *Areté* [Internet]. 2018 Dic 31;18(2 Sup):45-52. Disponible en: <https://arete.iberu.edu.co/article/view/art.182S06>

51. Calvache Mora C. Eficacia de un protocolo terapéutico basado en terapia de resistencia en el agua en sujetos diagnosticados con nódulos vocales. 2018;46. Disponible en: <http://repositorio.iberoamericana.edu.co/handle/001/855>
52. Calvache Mora C. Eficacia de un protocolo terapéutico basado en ejercicios con tracto vocal semiocluido en sujetos diagnosticados con fatiga vocal Código: 201710D010. Corporación Univ Iberoam [Internet]. 2017;2-42. Disponible en: [http://repositorio.iberoamericana.edu.co/bitstream/001/497/1/Eficacia de un protocolo terapéutico basado en ejercicios con tracto vocal semiocluido en sujetos diagnosticados con fatiga vocal.pdf](http://repositorio.iberoamericana.edu.co/bitstream/001/497/1/Eficacia%20de%20un%20protocolo%20terap%C3%A9utico%20basado%20en%20ejercicios%20con%20tracto%20vocal%20semiocluido%20en%20sujetos%20diagnosticados%20con%20fatiga%20vocal.pdf)
53. Paola V, Cubides J. Abordaje fonoaudiológico de un desorden vocal en una estudiante de comunicación social y su impacto en la práctica académica/laboral. Asofono [Internet]. 2016; Disponible en: https://asofono.co/wp-content/uploads/2016/09/ICOV_p43-47_Jimenez_probvozestudcomsocial.pdf
54. Guzman M, Calvache C, Romero L, Muñoz D, Olavarria C, Madrid S, et al. Do different semi-occluded voice exercises affect vocal fold adduction differently in subjects diagnosed with hyperfunctional dysphonia? Folia Phoniatr Logop [Internet]. 2015;67(2):68-75. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/FullText/437353>