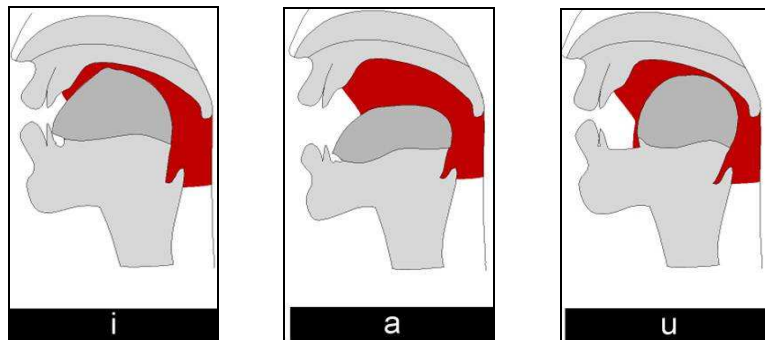


Acústica del tracto vocal

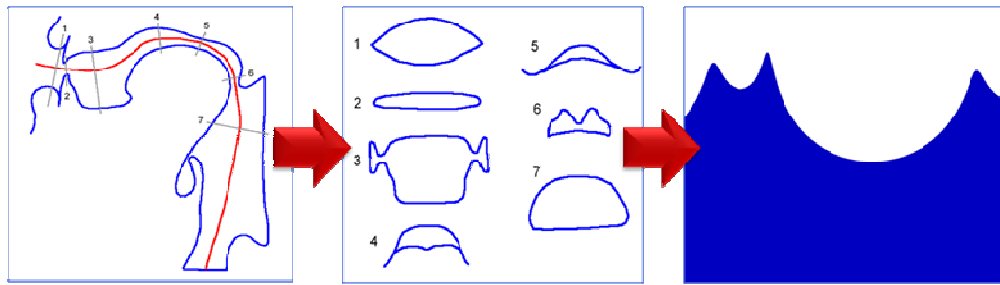


En la producción de la voz, son las cuerdas vocales las encargadas de producir el sonido complejo constituido por la frecuencia fundamental y los armónicos o múltiplos enteros de dicha frecuencia fundamental. Este sonido complejo no constituye el producto final que escucharemos como la voz de una persona, ya que antes debe pasar y ser filtrado por las cavidades de resonancia o tracto vocal.

El tracto vocal está constituido por la cavidad oral, nasal, la faringe y la laringe. Dentro de estas cavidades están los órganos de la articulación que pueden ser divididos en activos y pasivos. Los órganos articulatorios activos son la lengua, mandíbula, velo del paladar y los labios, mientras que los órganos pasivos son los dientes, paladar duro y maxilar superior. A través de la modificación y diferentes posiciones que adoptan los órganos articulatorios, el tracto vocal tendrá variadas formas o configuraciones que actuarán como diferentes filtros acústicos para el sonido producido en la laringe. Cada configuración diferente del tracto vocal constituye por lo tanto un filtro diferente y por ende el sonido vocal escuchado será distinto. Un ejemplo de esto son las vocales, cada vocal tiene una forma distinta en tracto vocal y por lo tanto valores formánticos distintos, hecho que permite diferenciar perceptualmente una vocal de otra.



Estos cambios anatómicos del tracto vocal están basados principalmente en dos elementos: el largo del tracto y los diferentes diámetros transversales a lo largo de esta longitud. Dependiendo del largo y de los diámetros transversales, el tracto vocal actuará como un molde o filtro acústico. Este filtro está determinado acústicamente por la función de transferencia la que está a su vez está determinada por los valores de los formantes del tracto vocal. Los formantes son las resonancias propias de cualquier elemento que tenga la capacidad de resonar (vibrar). Un formante es el pico de intensidad en el espectro de un sonido, es la concentración de energía que se da en una determinada frecuencia. Técnicamente los formantes son bandas de frecuencia donde se concentra la mayor parte de la energía sonora de un sonido. Estas resonancias o formantes son descritos según tres parámetros: el centro de frecuencia, ancho de banda y energía. Al modificar la forma del tracto vocal se modifican estos tres elementos en diferente medida y por lo tanto la función de filtro y el sonido final cambiarán. Los armónicos provenientes del sonido laríngeo serán reforzados o atenuados por estas resonancias o formantes. De esta forma, los armónicos cercanos a los valores formánticos serán más amplificados que los armónicos que se encuentren más alejados de los formantes.



A continuación veremos algunas normas generales para el cambio de los valores formánticos de acuerdo a las modificaciones de la forma del tracto vocal de dependiendo de su longitud y de los diámetros transversales (constricciones o ensanchamientos).

Si el tracto vocal fuese un cilindro perfecto, cerrado en un extremo (cuerdas vocales) y abierto en el otro (apertura labial), de 17,5 cm de longitud, los cuatro primeros formantes serían 500, 1500, 2500 y 3500 Hz. Si el tracto vocal fuese más largo o más corto, estas frecuencias formánticas serían inferiores o superiores respectivamente. Esto nos muestra que el largo del tracto vocal cumple un rol de gran importancia en la determinación de los formantes y por lo tanto en la función de transferencia.

En relación a esto, podemos decir que existen dos formas básicas para descender las frecuencias de todos los valores formánticos del tracto vocal: La primera forma es produciendo un alargamiento del tracto vocal. Este puede ser realizado por un descenso laríngeo, una protrusión labial, o ambas juntas (protrusión labial y descenso laríngeo al mismo tiempo). En el caso opuesto si acortamos el tracto vocal produciendo una retrusión labial y elevando la laringe, los dos primeros formantes aumentarían su valor. La segunda manera de descender todos los valores formánticos es a través de un estrechamiento en los labios. A medida que los labios se unen entre sí, el valor de los dos primeros formantes va descendiendo. Y por el contrario, los formantes aumentarían su frecuencia tan pronto los labios se distancien uno del otro. Las voces con color oscuro están asociadas a un tracto vocal más largo y más cerrado, donde los valores formánticos son bajos, mientras que las voces claras se producen con tractos vocales más cortos y abiertos, donde las frecuencias de los formantes son más altas.

Además de la longitud del tracto vocal, habíamos señalado anteriormente que las frecuencias formánticas podían ser modificadas de acuerdo a los diferentes diámetros transversales del tracto vocal. Dicho en otras palabras, la contracción o la dilatación del conducto vocal inciden en la frecuencia de todos los formantes de manera distinta.

Estas constricciones y dilataciones estarán a cargo principalmente de la posición mandibular y lingual siguiendo las siguientes normas generales: La apertura mandibular es decisiva para la frecuencia del primer formante, el cual aumenta con la apertura. La frecuencia del segundo formante es muy sensible a la forma del cuerpo de la lengua y finalmente la frecuencia del tercer formante es sensible a la posición del ápice lingual.

El primer formante varía directamente en relación a la apertura mandibular, mientras más abierta esté la mandíbula, más alto será el valor del formante número 1, y por lo tanto mientras más cerrada esté la cavidad oral, menor será el valor de F1.

Por otra parte, F1 también varía inversamente proporcional a altura de la lengua. A medida que la lengua sube, F1 disminuye su valor, por el contrario, cuando la lengua se hace más plana y desciende, el

valor de F1 subirá. Estos dos aspectos pueden ser ejemplificados por la vocal /a/ la que posee el valor de F1 mas alto de todas las vocales del español. Si nos damos cuenta para producir la vocal /a/ la mandíbula debe descender y la lengua debe estar plana en el piso de la boca, de esta forma logramos que F1 tenga un valor elevado, característico de la vocal /a/. Por el contrario, las vocales altas como la /i/ y la /u/ tienen baja frecuencia de F1 por el hecho de que la mandíbula se encuentra más cerrada y la lengua ascendida.

El segundo formante, varía con la dimensión antero-posterior de la lengua. A medida que la lengua se dirige hacia anterior, observamos como el valor del segundo formante o F2 asciende. Y por el contrario para obtener un descenso del valor de F2, la lengua debe dirigirse hacia la zona posterior de la cavidad oral. Un ejemplo de esto es la vocal /i/. Para que sea posible la producción de la vocal /i/, la lengua debe ir hacia anterior, de hecho, el punto de mayor constricción para esta vocal es justamente la zona anterior, y por lo tanto el valor de F2 sube. Contrario a la vocal /i/, tenemos el caso de la vocal /u/. Para que se produzca la esta vocal la lengua debe tener su punto de mayor constricción en la zona posterior, y de esta forma el valor del segundo formante descenderá.

Constricción oral anterior: la elevación del frente de la lengua, baja F1 y sube F2. Constricción oral posterior: La elevación de la parte posterior de la lengua, baja F2. Constricción faríngea: El estrechamiento de la faringe sube la frecuencia de F1.

Estos dos elementos, el largo y los diámetros transversales del tracto vocal no actúan en forma aislada durante la producción de la voz, sino que ambos parámetros están interrelacionados para producir el sonido de las diferentes vocales y diferentes colores de la voz.

La acústica del tracto vocal es más compleja que lo detallado anteriormente, sin embargo, estos son los conceptos fundamentales para entender como varían los valores formánticos de acuerdo a la posición de los órganos de articulación o configuración del tracto vocal.

*Fonoaudiólogo Marco Guzmán N.
Especialista en Vocología, University of Iowa, y National center for voice and speech, USA.
Académico Unidad de Voz de la Escuela de Fonoaudiología, Universidad de Chile.
Vicepresidente Fundación Iberoamericana de voz cantada y hablada*