

[ r e v i s i ó n ]

# Situación actual y visión de futuro de la utilidad de la ecografía en el estudio de la disfagia orofaríngea

Alejandro Sanz Paris, Fernando Calmarza Chueca, Alejandro Sanz Arqué, Mikel González Fernández

Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza

## Palabras clave

Disfagia, ecografía muscular, deglución.

## >>RESUMEN

La prevalencia de disfagia varía según el método empleado para su detección. Tras ictus se ha descrito en el 37-45% mediante test de cribado, 51-55% mediante signos clínicos y 64-78% mediante test diagnósticos, como la videofluoroscopia o la fibroendoscopia. Se encuentra con frecuencia en pacientes neurológicos, ancianos y tras intubación o traqueostomía, sin olvidar la disfagia sarcopénica. Su diagnóstico es muy importante porque se asocia a riesgo de deshidratación, desnutrición y neumonía por aspiración. El *gold standard* para su diagnóstico incluye un cribado a pie de cama, seguido de una videofluoroscopia o un test de videoendoscopia. El problema es que estos test diagnósticos son caros, complejos y exponen a radiación. La ecografía es un método seguro, simple, portátil y aplicable a pie de cama. La ecografía se ha validado para valorar el tamaño y estructura de los músculos orales y masticatorios, lengua, faringe, laringe, esófago e incluso la existencia de residuo y aspiración. Se ha usado para determinar el tamaño de los grupos musculares relacionados con la deglución. De esta forma, los músculos atrofiados serían un signo de disfagia. Además, la ecografía permite valorar el movimiento de este músculo, que se correlaciona con la biomecánica de la deglución y con los síntomas de disfagia. Para la valoración ecográfica de la fase oral masticatoria recomendamos la medición del músculo masetero. Se ha relacionado con malnutrición, disfagia y fragilidad, considerándolo como un posible nexo entre las tres situaciones. En un estudio de nuestro grupo los puntos de corte fueron de 6,3 mm para mujeres y 6,6 mm para hombres con una especificidad y sensibilidad del 84,0% y 80,4%. La lengua también se ha valorado por ecografía. En pacientes con disfagia sarcopénica se ha observado menor área de seccional de corte y menor ecogenicidad en comparación con ancianos sanos. Además, se han observado diferencias en la variación del grosor de la lengua con la deglución entre voluntarios sanos y los que requerían nutrición por sonda. Los músculos submentonianos o suprahioides también se han medido por ecografía tanto para evaluar el tamaño de estos músculos en reposo como su acortamiento durante la deglución. El músculo geniohiodeo empuja la lengua contra el paladar duro para que el bolo alimentario salga de la cavidad oral. Los músculos digástrico y milohiideo elevan el hueso hioides para empujar la epiglotis y cerrar la vía respiratoria. La ecografía del hueso hioides se usa como indicador anatómico del movimiento laríngeo por su radio-opacidad ecográfica. El hueso hioides y la laringe se desplazan de forma antero superior por la con-

## Correspondencia

Alejandro Sanz Paris  
Email: asanzp@unizar.es

tracción de los músculos suprahioides durante la deglución. Cuando existe un retraso o una disminución en el movimiento, es la principal cause de broncoaspiración. Existen múltiples técnicas ecográficas para medir el movimiento del hueso hioideo.

La ecografía también puede ser útil para visualizar la vía aérea, las cuerdas vocales y residuo en el *sinus piriforme*.

Por último, la disfunción del esfínter esofágico superior suele ser por una relajación inadecuada del musculo crico-faríngeo por lo que queda residuo faríngeo y aspiración post-deglución.

La ecografía en la deglución nos permite valorar no solo el tamaño de los músculos sino también su movilidad aportando información morfofuncional.

*Nutr Clin Med* 2022; XVI (2): 105-118

DOI: 10.7400/NCM.2022.16.2.5112

### Key words

Dysphagia, muscle ultrasound, swallowing.

### <<ABSTRACT

The prevalence of dysphagia varies according to the method used for its detection. After stroke, it has been described in 37-45% by screening tests, 51-55% by clinical signs and 64-78% by diagnostic tests as the videofluoroscopic and fiberoptic endoscopy. It is frequently found in neurological patients, the

elderly and after intubation or tracheostomy, without forgetting sarcopenic dysphagia. Its diagnosis is very important because it is associated with the risk of dehydration, malnutrition and aspiration pneumonia.

The gold standard for its diagnosis includes a bedside screening followed by a videofluoroscopy or a videoendoscopy test. The problem is that these diagnostic tests are expensive, complex and expose to radiation. Ultrasound is a safe, simple, portable and bedside method.

Ultrasound has been validated to assess the size and structure of the oral and masticatory muscles, tongue, pharynx, larynx, esophagus, and even the existence of residue and aspiration. It has been used to determine the size of muscle groups related to swallowing. In this way, atrophied muscles would be a sign of dysphagia. Ultrasound allows the movement of this muscle to be assessed, which correlates with the biomechanics of swallowing and with the symptoms of dysphagia.

For the ultrasound assessment of the oral masticatory phase, we recommend measuring the masseter muscle. It has been related to malnutrition, dysphagia and frailty, considering it as a possible link between the three situations. In a study of our group, the cut-off points were 6,3 mm for women and 6,6 mm for men, with a specificity and sensitivity of 84,0% and 80,4%.

The tongue has also been assessed by ultrasound. In patients with sarcopenic dysphagia, a smaller slice sectional area and less echogenicity have been observed compared to healthy elderly. Tongue movements have also been measured. Differences in the variation of tongue thickness with swallowing have been observed between healthy volunteers and those requiring tube nutrition.

The submental or suprahyoid muscles have also been measured by ultrasound to assess both the size of these muscles at rest and their shortening during swallowing. The geniohyoid muscle pushes the tongue against the hard palate to force the food bolus out of the oral cavity. The digastric and mylohyoid muscles elevate the hyoid bone to push on the epiglottis and close the airway.

Ultrasonography of the hyoid bone is used as an anatomical indicator of laryngeal movement due to its echographic radiopacity. The hyoid bone and larynx are displaced anterosuperiorly by contraction of the suprahyoid muscles during swallowing. When there is a delay or a decrease in movement, it is the main cause of bronchial aspiration. There are multiple ultrasound techniques to measure the movement of the hyoid bone.

Ultrasonography may also be helpful in visualizing the airway, vocal cords, and residual piriformis sinus. Finally, upper esophageal sphincter dysfunction is usually due to inadequate relaxation of the cricopharyngeal muscle, resulting in pharyngeal residue and post-swallow aspiration.

Swallowing ultrasound allows us to assess not only the size of the muscles but also their mobility, providing morphofunctional information.

*Nutr Clin Med* 2022; XVI (2): 105-118

DOI: 10.7400/NCM.2022.16.2.5112

## >> INTRODUCCIÓN

La deglución es un complejo sistema que consiste en fase oral, faríngea, laríngea y esofágica.

La primera fase es voluntaria y participan labios, dientes, músculos de la masticación y lengua. Prepara el bolo alimenticio y lo proyecta hacia la parte posterior de la boca. Las demás fases son involuntarias y consisten en un movimiento reflejo en el que se coordinan los músculos faríngeos, laríngeos, lengua y músculos suprahioides.

La segunda fase es la faríngea, en la que participan 25 músculos para la elevación de la lengua contra el paladar y empuje del bolo alimentario contra la pared faríngea posterior. Además, se produce una contracción de la faringe para cerrar la entrada a la cavidad nasal.

La siguiente fase es la laríngea. También involuntaria, en la que participan 9 cartílagos: tres impares (tiroides, cricoides y epiglotis) y tres pares (aritenoides, corniculados y cuneiformes). En esta fase, se produce el cierre de la epiglotis contra la apertura de la tráquea y contracción de la glotis. Al cerrar la tráquea la epiglotis, se produce una fase de apnea durante la deglución para evitar la entrada de alimento al aparato respiratorio. Además, se produce una contracción peristáltica de los músculos de la laringe que empujan el bolo alimentario hacia el esófago.

La última fase es la esofágica, en la que se relaja el esfínter esofágico y se producen contracciones peristálticas del esófago para la progresión del bolo alimentario al estómago<sup>1</sup>.

Durante la deglución en la boca, se abre el esfínter glosopalatino para que pase el bolo alimentario y se cierra el esfínter velo-faríngeo, para que no entre por las fosas nasales. En la garganta, se cierra el esfínter laríngeo-vestibular, para que no pase a las vías respiratorias, y se abre el esfínter esofágico superior para el paso del bolo a la vía digestiva.

Por el contrario, durante la respiración, en la boca, se cierra el esfínter glosopalatino y se abre el esfínter velo-faríngeo. Al pasar el bolo alimentario por la garganta, se abre el esfínter laríngeo-vestibular y se cierra el esofágico superior.

En la disfagia, todos los esfínteres se cierran con retardo, pero sobre todo el esfínter laríngeo-vestibular<sup>2</sup>.

La disfagia oro-faríngea aparece en cuadros neurológicos como el *ictus*, que afecta a más del 50% de los pacientes en la fase aguda del *ictus* y a más del 33% en la fase de recuperación<sup>3</sup>. En un meta-análisis de Martino *et al.*<sup>4</sup> detecta disfagia tras *ictus* en el 37-45% de los casos mediante test de cribado, 51-55% mediante signos clínicos y 64-78% mediante test diagnósticos.

Además, la disfagia aparece en Parkinson entre el 80-95% en la fase precoz y avanzada respectivamente<sup>5</sup>, en ELA el 80% en las fases finales<sup>6</sup>, esclerosis múltiple en el 31,3% de todos los pacientes, distrofia de Duchenne en el 96,8%<sup>7</sup> y demencia entre 13-57%<sup>8</sup>.

Afecta a un tercio de los ancianos<sup>9</sup> y al 40% de los ancianos institucionalizados<sup>10</sup>. Se ha observado incluso en pacientes con enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales, así como a pacientes tras intubación o traqueostomía<sup>11</sup>. En ancianos se puede asociar a sarcopenia dando lugar a la disfagia sarcopénica<sup>12</sup>.

La disfagia es un factor bien conocido de riesgo de padecer neumonía por aspiración, malnutrición y deshidratación<sup>13</sup>. Su detección precoz redujo el riesgo de neumonía por aspiración<sup>14</sup>.

No existe una herramienta estandarizada para el diagnóstico de disfagia<sup>15</sup>. El *gold standard* incluye un cribado a pie de cama, seguido de una videofluoroscopia o un test de videoendoscopia. El problema es que estos test diagnósticos son caros, complejos y exponen a radiación. La ecografía es un método seguro, simple, portable y aplicable a pie de cama<sup>16</sup>.

La ecografía se ha validado para valorar el tamaño y estructura de los músculos orales y masticatorios<sup>17</sup>, la lengua<sup>18</sup>, faringe<sup>19</sup>, laringe<sup>20</sup>, esófago<sup>21</sup> e incluso de existencia de residuo y aspiración<sup>22</sup>.

El problema de la técnica ecográfica es la falta de estandarización de la metodología por lo que su valor diagnóstico en disfagia todavía no está bien establecido. Hsiao *et al.* realizan una revisión sobre las diferentes técnicas utilizadas<sup>23</sup>. Potente *et al.* realizan una revisión sobre el papel de la ecografía en la disfagia neurogénica<sup>24</sup>.

**TABLA I. MÚSCULOS MAS FRECUENTEMENTE EVALUADOS MEDIANTE ECOGRAFÍA EN CADA FASE DE LA DEGLUCIÓN**

Fases de la deglución	Músculos más frecuentemente evaluados
Masticación	Músculo masetero
Movimientos de la lengua	Músculo geniogloso
Fase faríngea (Salida del bolo alimenticio de la cavidad oral)	Músculos submentonianos (complejo geniohioideo y milohioideo)
Fase laríngea (Epiglotis cierra la tráquea)	Movimiento del hueso hioides por el músculo geniohioideo
Esfínter esofágico	Músculo crico-faríngeo

La ecografía se ha usado para determinar la morfometría de los grupos musculares relacionados con la deglución. La valoración morfométrica incluye la medición del grosor del músculo o el área seccional transversal<sup>25</sup>. De esta forma, los músculos atrofiados serían un signo de disfagia. Además de la medición estática del tamaño de determinado músculo, la ecografía permite valorar el movimiento de este músculo, que se correlaciona con la biomecánica de la deglución y con los síntomas de disfagia<sup>26</sup>.

A continuación, iremos repasando cada fase de la deglución y las técnicas ecográficas que nos permiten explorar su morfología y funcionalidad. En la *tabla I* resumimos los músculos más frecuentemente evaluados ecográficamente en cada fase de la deglución.

## >> VALORACIÓN ECOGRÁFICA DE LA MASTICACIÓN

La masticación es un proceso complejo en el que intervienen una serie de músculos de manera coordinada para producir un movimiento mandibular para masticar los alimentos. Estos músculos se podrían clasificar en músculos primarios y músculos accesorios. Los músculos accesorios de la masticación son el buccinador, los músculos suprahioideos (digástrico, milohioideo y geniohioideo) y los músculos infrahioideos (esternohioideo, esternotiroideo, tirohioideo y omohioideo).

La articulación temporo-mandibular es la encargada de la masticación. Sobre esta articulación actúan diferentes músculos:

- Movimiento de **apertura de la boca**: músculos submentonianos (digástrico, milohioideo y geniohioideo). Estos músculos además tienen un papel fundamental en la elevación del hueso hioides en la fase oro-faríngea por lo que también se denominan suprahioideos. Los estudiaremos en el siguiente apartado.
- Movimiento de **cierre de la boca**: músculo temporal (fibras verticales), masetero y pterigoideo interno o medial.
- Movimiento de proyección **hacia delante**: los dos músculos pterigoideos externos o laterales en contracción a la vez.
- Movimiento de proyección **hacia atrás**: músculo digástrico y temporal (fibras horizontales).
- Movimientos **laterales**: músculos pterigoideos, externo e interno, contraídos de un solo lado.

El músculo masetero es el músculo más importante en la masticación. Su nombre es de procedencia griega bajo denominación «μασητηρ» (masētēr) que quiere decir masticador. Es un músculo de forma rectangular con tres capas (superficial, profunda e intermedia). Es el más potente de los músculos masticadores capaz de ejercer una fuerza de hasta 90 kg. El origen del músculo masetero es el arco cigomático inferior y los 2/3 anteriores del arco cigomático, con una conexión con la cara posterior del hueso cigomático. Las fibras musculares convergen en la parte inferior formando un tendón que inserta la superficie externa de la rama mandibular y el proceso coronoide de la mandíbula. La función del músculo masetero es elevar la mandíbula y aproximar los dientes. Además, la función de las fibras musculares intermedias y profundas del masetero es retraer la mandíbula, mientras que las fibras superficiales realizan la función de sobresalir de la mandíbula.

La ecografía del músculo masetero es una técnica económica, que permite obtener medidas precisas del músculo masetero de una forma no invasiva, a pie de cama y sin uso de radiación ionizante. Su localización superficial y en una zona

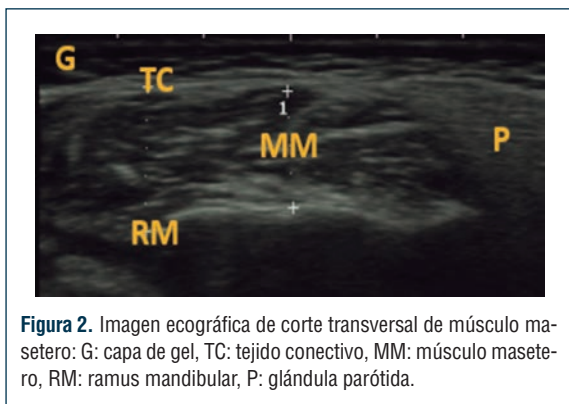




habitualmente descubierta hacen que sea una técnica rápida y sencilla.

La técnica de medición consiste en la colocación del transductor en una posición perpendicular al borde externo del músculo, entre la cisura intertrágica y la comisura bucal, paralelo al plano de Frankfort, ejerciendo una presión media (Fig. 1). El trazo se realiza en la zona más gruesa del músculo aproximadamente cerca del plano de oclusión. Se traza una línea desde la cortical de la rama mandibular hasta la parte interna de la fascia. En la imagen (Fig. 2) se puede observar el corte transversal de músculo masetero rodeado en su parte superior por una capa de gel y debajo el tejido conectivo. Debajo del músculo masetero encontramos una línea hiperecogénica bien marcada que es el *ramus* mandibular. En el límite medial interno aparece la glándula parótida. Con estas referencias anatómicas es sencillo delimitarlo<sup>27</sup>.

Se han tomado distintas medidas de músculo masetero siendo las más frecuentes: la longitud<sup>28</sup>,



el grosor<sup>29</sup>, el área de sección transversa<sup>30</sup> y el volumen<sup>31</sup>.

Las mediciones obtenidas por medio de ecografía presentan una mayor fuente de error en comparación con las medidas obtenidas por TAC o RM; esto se debe a la dificultad de encontrar el diámetro máximo, así como la variabilidad según la presión ejercida<sup>27</sup>. Estos problemas pueden ser solventados estableciendo un protocolo específico para la medición y evitando una presión excesiva<sup>32</sup>. Por último, se recomienda que las mediciones se hagan en forma de milímetros para disminuir la fuente de error y transductores de alta frecuencia 7,5 Mhz a 10 Mhz para conseguir una imagen más precisa de los tejidos superficiales. Existe una relación significativa entre el grosor del masetero, la edad, el género y el IMC. El masetero es más grueso en el hombre y su grosor disminuye con la edad<sup>32</sup>. Estos resultados se obtuvieron tanto con el masetero en contracción como en relajación<sup>33</sup>. Se ha demostrado que existe una relación entre parámetros funcionales orales y la cantidad de masa muscular total<sup>34</sup>. Esta línea de investigación ha dado estudios en los que se observa una relación entre el músculo masetero y la cantidad total de masa muscular apendicular y la cantidad de masa muscular total<sup>35</sup>.

La disminución del grosor del músculo masetero, al disminuir la fuerza de masticación, podría dificultar la correcta formación del bolo alimentario y el desarrollo de disfagia. Al mismo tiempo al estar disminuida la capacidad masticatoria podría aumentar la prevalencia de desnutrición y sarcopenia<sup>36</sup>.

En ancianos frágiles, la disfunción de la fase oral puede provocar disfagia por la formación inadecuada del bolo alimenticio, prolongación del tiempo de tránsito oral y la presencia de residuos en la cavidad bucal después de la ingesta<sup>37</sup>. El correcto desarrollo de la fase oral de la deglución, depende en gran medida del proceso de masticación<sup>38</sup> de modo que alteraciones sensitivo-motoras orales se asocian con disfagia en ancianos de residencias geriátricas<sup>39</sup>. Por lo tanto, existe una relación clara entre masticación y disfagia. De hecho, el grosor del masetero ya se ha asociado con la eficiencia masticatoria sugiriendo que la evaluación del grosor del masetero puede predecir la función deglutoria y la disfagia en ancianos. También se ha descrito una asociación entre

la pérdida de dientes y el grosor del masetero de modo que el grosor del masetero en pacientes edéntulos es significativamente menor respecto a aquellos con una correcta dentición<sup>40</sup>. También se ha demostrado que el grosor del masetero aumenta significativamente con la inserción de implantes dentales<sup>41</sup>. En este sentido Yamaguchi *et al.* encontraron una relación entre la pérdida de dientes con el grosor del masetero, en mujeres tanto en reposo como en contracción, pero sólo durante la contracción en hombres<sup>42</sup>.

El grosor del masetero ha sido analizado en múltiples estudios previamente, desde los pioneros Kiliaridis y Kålebo en 1991<sup>29</sup>, Bakke *et al.* en 1992<sup>33</sup>, y Raadsheer *et al.* en 1994<sup>27</sup>. Sin embargo, muchos de estos trabajos contaban con una muestra reducida o se realizaban en individuos jóvenes y sanos. Recientemente, Umeki *et al.*<sup>35</sup> analizaron 774 participantes con una edad promedio de 73,5 años con un grosor del masetero de 11,4 mm. Otro gran estudio realizado por Yamaguchi *et al.*<sup>42</sup> incluyó a 139 participantes asiáticos con una edad media de 75 años y un grosor del masetero de 11,6 mm. Nuestro grupo ha realizado un estudio en residencias geriátricas públicas españolas, donde se requiere un alto grado de dependencia para la admisión. Es el primer estudio en una población europea que muestra una asociación entre la reducción del grosor del masetero, el cual es un músculo clave en el proceso de masticación, y la disfagia. Encontramos un grosor del masetero significativamente menor en mujeres, menor puntuación en el MNA, mayor consumo de dietas de textura modificadas y mayor prevalencia de disfagia. En nuestro estudio, ajustado a edad, sexo, MNA e IMC, por cada milímetro de aumento del grosor del masetero se reducía un 21% el riesgo de disfagia según EAT-10 y del 35% según el test de volumen-viscosidad<sup>43</sup>.

El músculo masetero muestra un predominio de fibras musculares de tipo I, que se ven fuertemente afectadas por la inactividad<sup>44</sup>. Postulamos que el deterioro funcional en institucionalizados en residencias geriátricas puede crear un círculo vicioso en el que algunos pacientes con disfagia sarcopénica reciban una dieta de textura modificada que empeore aún más su fase de deglución oral.

El diagnóstico de disfagia puede ser difícil en pacientes con dependencia severa, ya que es posible que no puedan responder a cuestionarios

o realizar otras pruebas de diagnósticas. La evaluación ecográfica del grosor del masetero puede convertirse en un marcador de disfagia. En este sentido es necesario conocer los puntos de corte del grosor del masetero para el diagnóstico de disfagia. En nuestro estudio los puntos de corte fueron de 6,3 mm para mujeres y 6,6 mm para hombres con una especificidad y sensibilidad del 84,0% y 80,4%<sup>43</sup>.

## >> VALORACIÓN ECOGRÁFICA DE LA LENGUA

La lengua realiza el movimiento de procesar y propulsión de la comida en la fase oral de la deglución. Empuja el bolo alimenticio primero contra el paladar duro (empuja hacia adentro) y luego contra el paladar blando (cierra las vías nasales).

La musculatura de la lengua está constituida por los músculos intrínsecos y extrínsecos de la lengua. Los músculos *intrínsecos* tienen el origen e inserción en el interior de la lengua y sirven para la modificación de la forma del cuerpo de la lengua. Son los siguientes:

1. Músculo longitudinal superior.
2. Músculo longitudinal inferior.
3. Músculo transverso de la lengua.
4. Músculo vertical de la lengua.

Los músculos *extrínsecos* tienen el origen en el exterior de la lengua pero con inserción final en el interior de la lengua, permiten realizar los movimientos de comprensión del bolo alimentario contra paladar duro. Son los siguientes:

1. Músculo geniogloso. Es el más potente de la lengua y constituye su volumen posterior. Las fibras más inferiores desplazan la lengua hacia delante; las restantes traccionan la lengua hacia el suelo de la boca.
2. Músculo hiogloso. Si el hioides está fijo, lleva la lengua hacia atrás y abajo.
3. Músculo condrogloso. Es un fascículo variable, que en caso de existir, tiene las mismas acciones que el anterior.

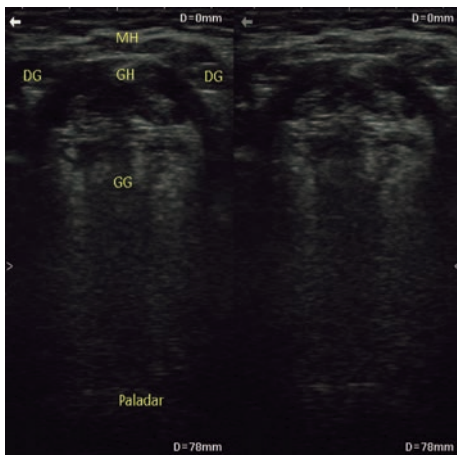


**Figura 3.** Colocación transversal de la sonda del ecógrafo para visualizar los músculos de la base de la lengua.

4. Músculo estilogloso. Tracciona el vértice de la lengua hacia atrás y toda la lengua hacia atrás y arriba.

A estos músculos de la lengua, se unen en su función los músculos submentonianos o suprahioides (digástrico, milohioideo, geniohioideo) que desarrollaremos en el próximo apartado.

En la figura 3 se muestra la colocación de la sonda del ecógrafo y en la figura 4 se puede observar la



**Figura 4.** Imagen ecográfica de los músculos de la lengua y mentonianos. MH: milohioideo, DG: digástrico, GH: geniohioideo, GG: Geniogloso.

imagen ecográfica de los músculos de la lengua (geniogloso) y mentonianos (milohioideo, digástrico y geniohioideo) en un corte transversal.

El primero que describió la técnica ecográfica en relación con la lengua y deglución fue Shawker<sup>44</sup>. La técnica ecográfica consiste en la visión submentoniana media sagital, tanto con transductor lineal como curvo. También se han utilizado técnica de *doppler* para analizar los cambios hemodinámicos de los vasos linguales<sup>45</sup>. Otra técnica ha sido la reconstrucción temporal de la imagen ecográfica de la superficie de la lengua<sup>46</sup>.

Existen varios trabajos que valoran la morfología estática de la lengua y otros los movimientos de la lengua. Revisaremos primero los de la morfología estática.

Ven Den Engel-Hoek *et al.*<sup>46</sup> midieron el grosor y la ecogenicidad de la lengua y del velo anterior del digástrico, milohioideo y geniohioideo por ecografía submentoniana transversal) con una buena reproductibilidad de todos los músculos valorados, excepto del milohioideo.

Ogawa *et al.* en pacientes con disfgia sacopénica encontraron menor área de seccional de corte y menor ecogenicidad de la lengua en comparación con ancianos sanos<sup>36</sup>.

Oh *et al.*<sup>48</sup> con un transductor curvo en el plano medio-sagital para valorar la visión longitudinal desde la base de la lengua al cartílago tiroides, observaron que el grosor de la lengua fue menor en pacientes con enfermedad de Parkinson aunque sin significación estadística. En este mismo estudio, se demuestra la reproductibilidad de la ecografía para el estudio morfométrico.

Engel-Hoek *et al.*<sup>49</sup> en pacientes con distrofia muscular de diferentes grados de afectación valoraron los musculos submentonianos con transductor lineal en posición transversa. La ecogenicidad de los músculos digastrico, geniohioideo, y los músculos de la lengua superior, longitudinal y transverso fue mayor según la gravedad de la distrofia muscular, con menor grosor de estos músculos. Sobre todo en los músculos geniohioideo y de la lengua.

McIllduff *et al.*<sup>50</sup> relacionaron la ecogenicidad de la lengua con el grado de disfunción bulbar en

la ELA, que se han visto corroborados con estudios longitudinales en pacientes con distrofia muscular<sup>51</sup>.

Además de los estudios de morfometría estática, se han utilizado técnicas con M-modo para valorar los movimientos de la lengua<sup>52</sup>.

Hsiao *et al.*<sup>53</sup> midieron en pacientes con *ictus* el grosor de la lengua en el plano central que separa el ángulo formado por las sombras acústicas del hioides y la mandíbula. Para calcular el cambio medio en el grosor de la lengua durante la deglución de 5 ml de agua. Observaron diferencias en la variación del grosor de la lengua con la deglución entre los normales y los que requerían nutrición por sonda.

Soder y Miller<sup>54</sup> con un transductor lineal comparan 20 pacientes con *ictus* frente a 20 sanos para valorar la variabilidad intrasujeto de la duración del movimiento de la lengua durante la fase de transporte oral.

## >> VALORACIÓN ECOGRÁFICA DE LOS MUSCULOS SUBMENTONIANOS

Los músculos submentonianos o suprahioides son los músculos digástrico, milohioideo, geniohiideo. El músculo geniohiideo empuja la lengua contra el paladar duro para que el bolo alimentario salga de la cavidad oral. Los músculos digástrico y milohioideo elevan el hueso hioides para empujar la epiglotis y cerrar la vía respiratoria.

La ecografía se ha usado también como una técnica para evaluar el tamaño de estos músculos en reposo, así como su acortamiento por su contracción durante la deglución. En primer lugar, revisaremos los estudios morfológicos.

Barotsis *et al.* miden el complejo geniohiideo y milohioideo con el transductor en posición sagital submentoniana y observa que es un buen predictor de sarcopenia<sup>55</sup>. Por el contrario, Hashida *et al.*<sup>56</sup> no encontraron diferencias significativas de este complejo en 68 pacientes tras trasplante de medula, por lo que concluye que la enfermedad, malnutrición y miopatía esteroidea no afecto a los músculos suprahioides. En cambio, existen estudios que encuentran una buena asociación entre la pérdida de volumen muscular de la base de la lengua o del geniohiideo y la disfagia<sup>57</sup>.

En resumen, la mayoría de los autores observan alteraciones morfológicas medibles con ecografía en los pacientes con disfagia. Van den Engel-Hoek *et al.*<sup>17</sup> recomienda su uso sistemático tras observar aumento de la ecogenicidad de los músculos digástrico y geniohiideo con aumento del grosor de la lengua pacientes con enfermedades neuromusculares como la Distrofia de Duchenne.

## >> VALORACIÓN ECOGRÁFICA DE LA MOVILIDAD DEL HUESO HIOIDES

El hueso hioides se usa como indicador anatómico del movimiento laríngeo por su radiopacidad ecográfica. El hueso hioides y la laringe se desplazan de forma antero superior por la contracción del músculo suprahiideo durante la deglución. El desplazamiento superior del hueso hioides varia con la consistencia del bolo alimentario, pero el desplazamiento anterior del hioides es menos variable.

Además, el movimiento del hueso hioides es muy importante para abrir el esfínter esofágico superior mediante la inclinación de la epiglotis. El desplazamiento anterior del hueso hioides se produce simultáneamente con el desplazamiento anterior de toda la laringe causado por la contracción del músculo geniohiideo. Este movimiento produce una presión negativa en el esfínter esofágico superior que previene la bronco-aspiración. De esta forma, succiona el bolo alimentario hacia el esófago, cierra la laringe, las cuerdas vocales y tira de la epiglotis para separar la vía respiratoria de la digestiva<sup>58</sup>.

Cuando existe un retraso o una disminución en el movimiento, es la principal cause de broncoaspiración<sup>59</sup>. A la exploración manual se observa una elevación de la laringe.

Yabunaka *et al.*<sup>60</sup> observa que, con la edad, el movimiento del hueso hioides es más lento y más corto, por lo que este parámetro podría usarse para el diagnóstico de disfagia. Steele *et al.*<sup>61</sup> observaron que un desplazamiento anterior más corto se asociaba a residuo laríngeo.

El residuo faríngeo post-deglución es un factor de riesgo de aspiración muy importante porque



cuando el cierre de la epiglotis no es completo, existe residuo en la fosa vallecular.

Para evitar fuentes de errores al medir el movimiento por mover el transductor o la piel, Hsiao *et al.* han propuesto usar la posición de la mandíbula como punto de referencia para calcular la posición del hueso hioides en reposo y su desplazamiento máximo<sup>53</sup>. Además, estos autores han propuesto un punto de corte para el diagnóstico de disfagia en pacientes con *ictus*. Un cambio del grosor de la lengua < 1 cm y el desplazamiento del hueso hioides de < 1,5 cm con una sensibilidad del 70% y especificidad del 67%.

Estos resultados coinciden con los de Lee *et al.*<sup>62</sup> que proponen que un desplazamiento de < 1,35 cm detecta penetración o aspiración con una sensibilidad del 84% y especificidad del 81%. Estos autores observan que la distancia entre el hueso hioides y la mandíbula en reposo es igual en todos pacientes (39-37,7 mm). Con la deglución se mueve el hueso hioides acercándose a la mandíbula unos  $14,8 \pm 3,6$  mm en personas normales y solo  $9,4 \pm 3,8$  mm en los que tienen residuo en el seno piriforme. De forma que acuerdan un punto de corte de < 13,5 mm de desplazamiento del hioides para el riesgo de broncoaspiración. Estos autores, además calculan el porcentaje de desplazamiento del hueso hioides por la distancia en reposo se definió como valor DELTA (desplazamiento hioides / distancia en reposo  $\times 100$ ), que varía de  $38,4 \pm 11,2$  a  $24 \pm 8\%$ .

En las figuras 5 y 6 mostramos la localización de la sonda del ecógrafo y una ecografía, donde marcamos la distancia entre la mandíbula y el hueso hioides en reposo y en el momento de la deglución.

Chen *et al.*<sup>63</sup> han propuesto otro método para valorar el movimiento del hueso hioides en pacientes con cartílago tiroides prominente y escaso tejido blando en el cuello. Para asegurar el contacto del transductor con la piel durante todo el proceso de deglución se ha propuesto usar un globo de agua, con lo que se visualiza muy bien el hueso hioides entre la mandíbula y el cartílago tiroides.

Otro punto de referencia para el movimiento del hueso hioides es el cartílago tiroides. Con un transductor curvo en la línea media del cuello anterior, se puede observar el acercamiento del hueso hioides al cartílago tiroideo, siendo un pa-



Figura 5. Colocación de la sonda convexa entre el mentón (mandíbula) y el borde del cartílago tiroides (hueso hioides).

rámetro para estimar la elevación de la laringe. Esta media parece ser independiente de sexo y postura. Huang *et al.*<sup>64</sup> compararon los resultados con ecografía y videofluoroscopia con disminución de la aproximación hioides-laringe en pacientes con disfagia por *ictus*.

En un estudio de Matsuo 2020<sup>65</sup> se analizan los movimientos del hueso hioides y la laringe por ecografía, mediante un cociente entre el movimiento del hueso hioides / movimiento de la laringe. Esta *ratio* parece ser independiente de los cambios con la edad o la altura del paciente. Los

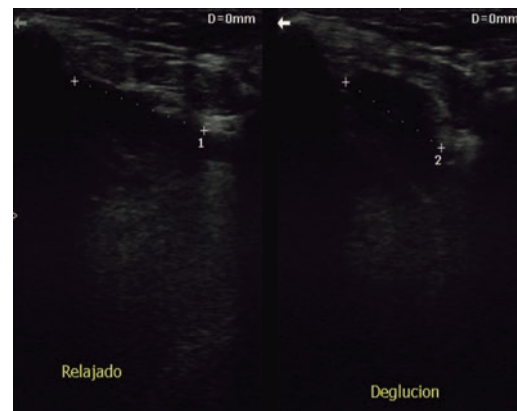


Figura 6. Movimiento del hueso hioides en relación a la mandíbula en relajación y durante la deglución.

autores indican una media en personas sanas de  $0,5 \pm 0,07$  frente a  $0,76 \pm 0,19$  en disfagia.

En un estudio posterior del mismo grupo<sup>66</sup>, observan que el cierre del esfínter laríngeo vestibular se retrasa en los pacientes con disfagia estableciendo un punto de corte de esta fase de 0,26 segundos e identifica un punto de corte con un cociente hioides/laríngeo de  $>0,56$  en disfagia por *ictus vs* ancianos sanos con una sensibilidad y especificidad el 88,9%.

## >>VALORACIÓN DE LA VIA AÉREA Y ASPIRACIÓN

Una adecuada función de las cuerdas vocales es fundamental para la protección de la vía aérea durante el proceso de tragar. Con ecografía se puede valorar la estructura y movimiento de las cuerdas vocales con los cartílagos tiroideos y aritenoides.

Durante la deglución, se produce el cierre del cartílago tiroideos y movimiento del complejo hiolaríngeo por lo que la visualización de una aspiración con ecografía es difícil.

Miura *et al.*<sup>22</sup> fueron los primeros en observar *bolus* aspirados en la tráquea en el plano sagital con una sensibilidad del 64% y especificidad el 84% frente a videofluoroscopia. El mismo grupo detectó con ecografía residuo en el *sinus piriforme* con una sensibilidad del 92% y especificidad del 64% frente a endoscopia.

## >>VALORACIÓN DEL ESFÍNTER ESOFÁGICO SUPERIOR

La apertura de este esfínter es el último tramo de la fase faríngea y el comienzo de la fase esofágica de la deglución. El esfínter esofágico superior comprende el constrictor faríngeo inferior, el músculo crico-faríngeo y el esófago cervical. Siendo el músculo crico-faríngeo el principal componente de la función de este esfínter.

La disfunción de este esfínter suele ser por una relajación inadecuada del músculo crico-faríngeo por lo que queda residuo faríngeo y aspiración post-deglución.

Es posible la visualización del músculo crico-faríngeo con un transductor lineal colocado en el



Figura 7. Colocación de la sonda del ecógrafo para visualizar el músculo crico-faríngeo.

lado izquierdo de la parte anterior del cuello a nivel del cartílago cricoides, como se puede observar en la figura 7. Tiene la forma de una estructura oval multilaminada. Moriniere *et al.* han descrito su diámetro normal en cierre y apertura<sup>21</sup>.

Wang *et al.*, describen la metodología para localizar el músculo crico-faríngeo con ecografía en vista transversa y longitudinal y la posibilidad de tratamiento con la inyección en el músculo de toxina botulínica<sup>67</sup>.

## >>CONCLUSIONES

La ecografía nos permite observar el movimiento del músculo y no solo su tamaño estático. Esta es una gran ventaja con respecto al resto de técnicas de medición de la masa muscular.

Además, nos indica la masa muscular específica del músculo a estudio de forma que nos permite detectar sarcopenia regional. Este aspecto es muy importante, ya que sabemos que la sarcopenia en el hombre comienza en los músculos abdominales, sigue en extremidades inferiores y las últimas en afectarse son los de las extremidades superiores.

Otro aspecto importante que nos aporta la ecografía es la imagen. En este caso bien se puede decir que “una imagen vale más que mil pala-

bras". Independientemente de todas las mediciones que podamos realizar, la imagen de un músculo sano es inequívoca. La medición de la ecogenicidad intenta cuantificar esa "imagen" pero hay que seleccionar muy bien la zona del músculo sin fascias. Para mí, ese es el reto del futuro: determinar si un músculo está sano con la valoración de la imagen. Las técnicas de medición dependerán siempre del lugar de medición, la morfología del paciente y las variaciones anatómicas normales.

## Conflicto de intereses

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses en relación con el tema tratado en el artículo.

Alejandro Sanz Paris ha participado como ponente en simposios patrocinados por todos los laboratorios de nutrición que trabajan en España.

Ninguna casa comercial ha participado en la elaboración de la presente publicación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sasegbon A, Hamdy S. The anatomy and physiology of normal and abnormal swallowing in oropharyngeal dysphagia. *Neurogastroenterol Motil.* 2017 Nov;29(11). doi: 10.1111/nmo.13100. Epub 2017 May 25. PMID: 28547793.
2. Rofes L, Arreola V, Almirall J, Cabré M, Campins L, García-Peris P, Speyer R, Clavé P. Diagnosis and management of oropharyngeal Dysphagia and its nutritional and respiratory complications in the elderly. *Gastroenterol Res Pract.* 2011;2011:818979. doi: 10.1155/2011/818979. Epub 2010 Aug 3. PMID: 20811545; PMCID: PMC2929516.
3. Falsetti P, Acciai C, Palilla R, Bosi M, Carpinteri F, Zingarelli A, Pedace C, Lenzi L. Oropharyngeal dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and clinical predictors in patients admitted to a neurorehabilitation unit. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2009 Sep-Oct;18(5):329-35. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2009.01.009. PMID: 19717014.
4. Martino R, Foley N, Bhogal S, Diamant N, Speechley M, Teasell R. Dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and pulmonary complications. *Stroke.* 2005 Dec;36(12):2756-63. doi: 10.1161/01.STR.0000190056.76543.eb. Epub 2005 Nov 3. PMID: 16269630.
5. López-Liria R, Parra-Egeda J, Vega-Ramírez FA, Aguilar-Parra JM, Trigueros-Ramos R, Morales-Gázquez MJ, Rocamora-Pérez P. Treatment of Dysphagia in Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jun 9;17(11):4104. doi: 10.3390/ijerph17114104. PMID: 32526840; PMCID: PMC7312221.
6. Muscaritoli M, Kushta I, Molfino A, Inghilleri M, Sabatelli M, Rossi Fanelli F. Nutritional and metabolic support in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Nutrition.* 2012 Oct;28(10):959-66. doi: 10.1016/j.nut.2012.01.011. Epub 2012 Jun 5. PMID: 22677356.
7. Hanayama K, Liu M, Higuchi Y, Fujiwara T, Tsuji T, Hase K, Ishihara T. Dysphagia in patients with Duchenne muscular dystrophy evaluated with a questionnaire and videofluorography. *Disabil Rehabil.* 2008;30(7):517-22. doi: 10.1080/09638280701355595. PMID: 17852269.
8. Panebianco M, Marchese-Ragona R, Masiero S, Restivo DA. Dysphagia in neurological diseases: a literature review. *Neurol Sci.* 2020 Nov;41(11):3067-3073. doi: 10.1007/s10072-020-04495-2. Epub 2020 Jun 7. PMID: 32506360; PMCID: PMC7567719.
9. Thiyaalingam S, Kulinski AE, Thorsteinsdottir B, Shindelar KL, Takahashi PY. Dysphagia in Older Adults. *Mayo Clin Proc.* 2021 Feb;96(2):488-497. doi: 10.1016/j.mayocp.2020.08.001. PMID: 33549267.
10. Namasivayam AM, Steele CM. Malnutrition and Dysphagia in long-term care: a systematic review. *J Nutr Gerontol Geriatr.* 2015;34(1):1-21. doi: 10.1080/21551197.2014.1002656. PMID: 25803601.
11. Kang JY, Choi KH, Yun GJ, Kim MY, Ryu JS. Does removal of tracheostomy affect dysphagia? A kinematic analysis. *Dysphagia.* 2012 Dec;27(4):498-503. doi: 10.1007/s00455-012-9396-y. Epub 2012 Feb 12. PMID: 22327860.
12. Ogawa N, Wakabayashi H, Mori T, Fujishima I, Oshima F, Itoda M, Kunieda K, Shigematsu T, Nishioka S, Tohara H, Ohno T, Nomoto A, Shimizu A, Yamada M, Ogawa S. Digastric muscle mass and intensity in older patients with sarcopenic dysphagia by ultrasonography. *Geriatr Gerontol Int.* 2021 Jan;21(1):14-19. doi: 10.1111/ggi.14079. Epub 2020 Nov 23. PMID: 33227825.
13. Carrión S, Cabré M, Monteis R, Roca M, Palomera E, Serra-Prat M, Rofes L, Clavé P. Oropharyngeal dysphagia is a prevalent risk factor for malnutrition in a cohort of older patients admitted with an acute disease to a general hospital. *Clin Nutr.* 2015 Jun;34(3):436-42. doi: 10.1016/j.clnu.2014.04.014. Epub 2014 May 9. PMID: 24882372.
14. Eltringham SA, Kilner K, Gee M, Sage K, Bray BD, Pownall S, Smith CJ. Impact of Dysphagia Assessment and Management on Risk of Stroke-Associated Pneumonia: A Systematic Review. *Cerebrovasc Dis.* 2018;46(3-4):99-107. doi: 10.1159/000492730. Epub 2018 Sep 10. PMID: 30199856.

15. Baijens LW, Clavé P, Cras P, Ekberg O, Forster A, Kolb GF, Leners JC, Masiero S, Mateos-Nozal J, Ortega O, Smithard DG, Speyer R, Walshe M. European Society for Swallowing Disorders - European Union Geriatric Medicine Society white paper: oropharyngeal dysphagia as a geriatric syndrome. *Clin Interv Aging*. 2016 Oct 7;11:1403-1428. doi: 10.2147/CIA.S107750. PMID: 27785002; PMCID: PMC5063605.
16. Allen JE, Clunie GM, Slinger C, Haines J, Mossey-Gaston C, Zaga CJ, et al. Utility of ultrasound in the assessment of swallowing and laryngeal function: a rapid review and critical appraisal of the literature. *Int J Lang Commun Disord*. 2021;56:174-204. Doi:10.1111/1460-6984.12584
17. Van Den Engel-Hoek L, Lagarde M, Van Alfen N. Ultrasound of oral and masticatory muscles: Why every neuromuscular swallow team should have an ultrasound machine. *Clin Anat*. 2017 Mar;30(2):183-193. doi: 10.1002/ca.22818. Epub 2017 Jan 24. PMID: 27935170.
18. Peng CL, Jost-Brinkmann PG, Miethke RR, Lin CT. Ultrasonographic measurement of tongue movement during swallowing. *J Ultrasound Med*. 2000 Jan;19(1):15-20. doi: 10.7863/jum.2000.19.1.15. PMID: 10625185.
19. Kim JH, Kim MS. Lateral pharyngeal wall motion analysis using ultrasonography in stroke patients with dysphagia. *Ultrasound Med Biol*. 2012 Dec;38(12):2058-64. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.07.028. Epub 2012 Oct 11. PMID: 23062372.
20. da Costa BOI, Rodrigues DSB, Santos AS, Pernambuco L. Transcutaneous Laryngeal Ultrasonography for the Assessment of Laryngeal Function After Thyroidectomy: A Review. *Ear Nose Throat J*. 2021 Jul;100(6):439-446. doi: 10.1177/0145561319870487. Epub 2019 Oct 2. PMID: 31578107.
21. Morinière S, Hammoudi K, Marmouset F, Bakhos D, Beutter P, Patat F. Ultrasound analysis of the upper esophageal sphincter during swallowing in the healthy subject. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2013 Dec;130(6):321-5. doi: 10.1016/j.anorl.2012.01.008. Epub 2013 Jul 9. PMID: 23845296.
22. Miura Y, Yabunaka K, Karube M, Tsutaoka T, Yoshida M, Matsumoto M, Nakagami G, Kamakura Y, Sugama J, Sanada H. Establishing a Methodology for Ultrasound Evaluation of Pharyngeal Residue in the Pyriform Sinus and Epiglottic Vallecula. *Respir Care*. 2020 Mar;65(3):304-313. doi: 10.4187/respcare.07002. Epub 2019 Oct 29. PMID: 31662446.
23. Hsiao M-Y, Wu C-H and Wang T-G (2021) Emerging Role of Ultrasound in Dysphagia Assessment and Intervention: A Narrative Review. *Front. Rehabil. Sci*. 2:708102. doi:10.3389/fresc.2021.708102
24. Potente P, Buoite Stella A, Vidotto M, Passerini M, Furlanis G, Naccarato M, Manganotti P. Application of Ultrasonography in Neurogenic Dysphagia: A Systematic Review. *Dysphagia*. 2022 May 13. doi: 10.1007/s00455-022-10459-9. Epub ahead of print. PMID: 35556172.
25. Whittaker JL, Stokes M. Ultrasound imaging and muscle function. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011 Aug;41(8):572-80. doi: 10.2519/jospt.2011.3682. Epub 2011 Jun 7. PMID: 21654098.
26. Barnes SL, Simon NG. Clinical and research applications of neuromuscular ultrasound in amyotrophic lateral sclerosis. *Degener Neurol Neuromuscul Dis*. 2019 Jul 16;9:89-102. doi: 10.2147/DNND.S215318. PMID: 31406480; PMCID: PMC6642653.
27. Raadsheer MC, Van Eijden TM, Van Spronsen PH, Van Ginkel FC, Kiliaridis S, Prah-Andersen B. A comparison of human masseter muscle thickness measured by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Arch Oral Biol*. 1994 Dec;39(12):1079-84. doi: 10.1016/0003-9969(94)90061-2. PMID: 7717890.
28. Naser-Ud-Din S, Sampson WJ, Dreyer CW, Thoires K. Ultrasound measurements of the masseter muscle as predictors of cephalometric indices in orthodontics: a pilot study. *Ultrasound Med Biol*. 2010 Sep;36(9):1412-21. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2010.05.019. PMID: 20800168.
29. Kiliaridis S, Kälebo P. Masseter muscle thickness measured by ultrasonography and its relation to facial morphology. *J Dent Res*. 1991 Sep;70(9):1262-5. doi: 10.1177/00220345910700090601. PMID: 1918575.
30. Bertram S, Brandlmaier I, Rudisch A, Bodner G, Emshoff R. Cross-sectional characteristics of the masseter muscle: an ultrasonographic study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2003 Feb;32(1):64-8. doi: 10.1054/ijom.2002.0259. PMID: 12653235.
31. Benington PC, Gardener JE, Hunt NP. Masseter muscle volume measured using ultrasonography and its relationship with facial morphology. *Eur J Orthod*. 1999 Dec;21(6):659-70. doi: 10.1093/ejo/21.6.659. PMID: 10665195.
32. Emshoff R, Emshoff I, Rudisch A, Bertram S. Reliability and temporal variation of masseter muscle thickness measurements utilizing ultrasonography. *J Oral Rehabil*. 2003 Dec;30(12):1168-72. doi: 10.1111/j.1365-2842.2003.01186.x. PMID: 14641658.
33. Bakke M, Tuxen A, Vilmann P, Jensen BR, Vilmann A, Toft M. Ultrasound image of human masseter muscle related to bite force, electromyography, facial morphology, and occlusal factors. *Scand J Dent Res*. 1992 Jun;100(3):164-71. doi: 10.1111/j.1600-0722.1992.tb01734.x. PMID: 1631486.
34. Murakami K, Hirano H, Watanabe Y, Edahiro A, Ohara Y, Yoshida H, Kim H, Takagi D, Hironaka S. Relationship between swallowing function and the skeletal muscle mass of older adults requiring long-term care. *Geriatr Gerontol Int*. 2015 Oct;15(10):1185-92. doi: 10.1111/ggi.12572. Epub 2015 Aug 14. PMID: 26272767.



35. Umeki K, Watanabe Y, Hirano H, Edahiro A, Ohara Y, Yoshida H, Obuchi S, Kawai H, Murakami M, Takagi D, Ihara K, Igarashi K, Ito M, Kawai Y. The relationship between masseter muscle thickness and appendicular skeletal muscle mass in Japanese community-dwelling elders: A cross-sectional study. *Arch Gerontol Geriatr.* 2018 Sep-Oct;78:18-22. doi: 10.1016/j.archger.2018.05.014. Epub 2018 May 29. PMID: 29883805.
36. Ogawa N, Mori T, Fujishima I, Wakabayashi H, Itoda M, Kunieda K, Shigematsu T, Nishioka S, Tohara H, Yamada M, Ogawa S. Ultrasonography to Measure Swallowing Muscle Mass and Quality in Older Patients With Sarcopenic Dysphagia. *J Am Med Dir Assoc.* 2018 Jun;19(6):516-522. doi: 10.1016/j.jamda.2017.11.007. Epub 2017 Dec 26. PMID: 29287693.
37. Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia.* 1992;7(4):187-200. doi: 10.1007/BF02493469. PMID: 1308667.
38. Rech RS, Baumgarten A, Colvara BC, Brochier CW, de Goulart B, Hugo FN, Hilgert JB. Association between oropharyngeal dysphagia, oral functionality, and oral sensorimotor alteration. *Oral Dis.* 2018 May;24(4):664-672. doi: 10.1111/odi.12809. Epub 2018 Feb 27. PMID: 29164750.
39. Müller F, Hernandez M, Grütter L, Aracil-Kessler L, Weingart D, Schimmel M. Masseter muscle thickness, chewing efficiency and bite force in edentulous patients with fixed and removable implant-supported prostheses: a cross-sectional multicenter study. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Feb;23(2):144-150. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02213.x. Epub 2011 Jun 2. PMID: 21631592.
40. Bhojar PS, Godbole SR, Thombare RU, Pakhan AJ. Effect of complete edentulism on masseter muscle thickness and changes after complete denture rehabilitation: an ultrasonographic study. *J Investig Clin Dent.* 2012 Feb;3(1):45-50. doi: 10.1111/j.2041-1626.2011.0088.x. Epub 2011 Aug 7. PMID: 22298520.
41. Gonçalves TM, Campos CH, Gonçalves GM, de Moraes M, Rodrigues Garcia RC. Mastication improvement after partial implant-supported prosthesis use. *J Dent Res.* 2013 Dec;92(12 Suppl):189S-94S. doi: 10.1177/0022034513508556. Epub 2013 Oct 24. PMID: 24158344; PMCID: PMC3860066.
42. Yamaguchi K, Tohara H, Hara K, Nakane A, Yoshimi K, Nakagawa K, Minakuchi S. Factors associated with masseter muscle quality assessed from ultrasonography in community-dwelling elderly individuals: A cross-sectional study. *Arch Gerontol Geriatr.* 2019 May-Jun;82:128-132. doi: 10.1016/j.archger.2019.02.003. Epub 2019 Feb 12. PMID: 30780049.
43. González-Fernández M, Arbones-Mainar JM, Ferrer-Lahuerta E, Perez-Nogueras J, Serrano-Oliver A, Torres-Anoro E, Sanz-Paris A. Ultrasonographic Measurement of Masseter Muscle Thickness Associates with Oral Phase Dysphagia in Institutionalized Elderly Individuals. *Dysphagia.* 2021 Dec;36(6):1031-1039. doi: 10.1007/s00455-020-10234-8. Epub 2021 Jan 19. PMID: 33462765.
44. Rowlerson A, Raoul G, Daniel Y, Close J, Maurage CA, Ferri J, Sciote JJ. Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 Jan;127(1):37-46. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.03.025. PMID: 15643413; PMCID: PMC3848722.
45. Shawker TH, Sonies B, Stone M, Baum BJ. Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J Clin Ultrasound.* 1983 Nov-Dec;11(9):485-90. doi: 10.1002/jcu.1870110906. PMID: 6417184.
46. Van Den Engel-Hoek L, Van Alfen N, De Swart BJ, De Groot IJ, Pillen S. Quantitative ultrasound of the tongue and submental muscles in children and young adults. *Muscle Nerve.* 2012 Jul;46(1):31-7. doi: 10.1002/mus.23277. Epub 2012 May 29. PMID: 22644805.
47. Wein B, Böckler R, Klajman S. Temporal reconstruction of sonographic imaging of disturbed tongue movements. *Dysphagia.* 1991;6(3):135-9. doi: 10.1007/BF02493515. PMID: 1914541.
48. Oh EH, Seo JS, Kang HJ. Assessment of Oropharyngeal Dysphagia in Patients With Parkinson Disease: Use of Ultrasonography. *Ann Rehabil Med.* 2016 Apr;40(2):190-6. doi: 10.5535/arm.2016.40.2.190. Epub 2016 Apr 25. PMID: 27152267; PMCID: PMC4855111.
49. van den Engel-Hoek L, Erasmus CE, Hendriks JC, Geurts AC, Klein WM, Pillen S, Sie LT, de Swart BJ, de Groot IJ. Oral muscles are progressively affected in Duchenne muscular dystrophy: implications for dysphagia treatment. *J Neurol.* 2013 May;260(5):1295-303. doi: 10.1007/s00415-012-6793-y. Epub 2012 Dec 23. PMID: 23263593.
50. McIlduff CE, Martucci MG, Shin C, Qi K, Pacheck AK, Gutierrez H, Mortreux M, Rutkove SB. Quantitative ultrasound of the tongue: Echo intensity is a potential biomarker of bulbar dysfunction in amyotrophic lateral sclerosis. *Clin Neurophysiol.* 2020 Oct;131(10):2423-2428. doi: 10.1016/j.clinph.2020.06.027. Epub 2020 Jul 17. PMID: 32828046; PMCID: PMC8898046.
51. Jansen M, van Alfen N, Nijhuis van der Sanden MW, van Dijk JP, Pillen S, de Groot IJ. Quantitative muscle ultrasound is a promising longitudinal follow-up tool in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord.* 2012 Apr;22(4):306-17. doi: 10.1016/j.nmd.2011.10.020. Epub 2011 Nov 30. PMID: 22133654.
52. Remijn L, Weijers G, Nijhuis-van der Sanden MW, Groen BE, de Korte CL. Ultrasound Imaging for Analyzing Lateral Tongue Movements during Mastication in Adults with Cerebral Palsy Compared with Adults without Oral Motor Disabilities. *Ultrasound Med Biol.* 2015 Jun;41(6):1784-93. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.02.007. Epub 2015 Mar 24. PMID: 25819466.

53. Hsiao MY, Chang YC, Chen WS, Chang HY, Wang TG. Application of ultrasonography in assessing oropharyngeal dysphagia in stroke patients. *Ultrasound Med Biol*. 2012 Sep;38(9):1522-8. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.04.017. Epub 2012 Jun 12. PMID: 22698507.
54. Söder N, Miller N. Using ultrasound to investigate intrapersonal variability in durational aspects of tongue movement during swallowing. *Dysphagia*. 2002 Fall;17(4):288-97. doi: 10.1007/s00455-002-0071-6. PMID: 12355144.
55. Barotsis N, Galata A, Hadjiconstanti A, Panayiotakis G. The ultrasonographic measurement of muscle thickness in sarcopenia. A prediction study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020 Aug;56(4):427-437. doi: 10.23736/S1973-9087.20.06222-X. Epub 2020 Apr 15. PMID: 32293812.
56. Hashida N, Tada Y, Suzuki M, Ito K, Kato Y, Tamiya H, Ishikawa J. Reliability and validity of ultrasound to measure of muscle mass following allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Sci Rep*. 2022 Jan 27;12(1):1538. doi: 10.1038/s41598-022-05577-1. PMID: 35087177; PMCID: PMC8795441.
57. Sporns PB, Muhle P, Hanning U, Suntrup-Krueger S, Schwindt W, Eversmann J, Warnecke T, Wirth R, Zimmer S, Dziewas R. Atrophy of Swallowing Muscles Is Associated With Severity of Dysphagia and Age in Patients With Acute Stroke. *J Am Med Dir Assoc*. 2017 Jul 1;18(7):635.e1-635.e7. doi: 10.1016/j.jamda.2017.02.002. Epub 2017 Mar 28. Erratum in: *J Am Med Dir Assoc*. 2018 Jan 30; PMID: 28363443.
58. Yokoyama M, Mitomi N, Tetsuka K, Tayama N, Niimi S. Role of laryngeal movement and effect of aging on swallowing pressure in the pharynx and upper esophageal sphincter. *Laryngoscope*. 2000 Mar;110(3 Pt 1):434-9. doi: 10.1097/00005537-200003000-00021. PMID: 10718434.
59. Ishida R, Palmer JB, Hiiemae KM. Hyoid motion during swallowing: factors affecting forward and upward displacement. *Dysphagia*. 2002 Fall;17(4):262-72. doi: 10.1007/s00455-002-0064-5. PMID: 12355141.
60. Yabunaka K, Sanada H, Sanada S, Konishi H, Hashimoto T, Yatake H, Yamamoto K, Katsuda T, Ohue M. Sonographic assessment of hyoid bone movement during swallowing: a study of normal adults with advancing age. *Radiol Phys Technol*. 2011 Jan;4(1):73-7. doi: 10.1007/s12194-010-0107-9. Epub 2010 Oct 14. PMID: 20945118.
61. Steele CM, Bailey GL, Chau T, Molfenter SM, Oshalla M, Waito AA, Zoratto DC. The relationship between hyoid and laryngeal displacement and swallowing impairment. *Clin Otolaryngol*. 2011 Feb;36(1):30-6. doi: 10.1111/j.1749-4486.2010.02219.x. PMID: 21414151; PMCID: PMC3757521.
62. Lee YS, Lee KE, Kang Y, Yi TI, Kim JS. Usefulness of Submental Ultrasonographic Evaluation for Dysphagia Patients. *Ann Rehabil Med*. 2016 Apr;40(2):197-205. doi: 10.5535/arm.2016.40.2.197. Epub 2016 Apr 25. PMID: 27152268; PMCID: PMC4855112.
63. Chen YC, Hsiao MY, Wang YC, Fu CP, Wang TG. Reliability of Ultrasonography in Evaluating Hyoid Bone Movement. *J Med Ultrasound*. 2017 Apr-Jun;25(2):90-95. doi: 10.1016/j.jmu.2017.01.002. Epub 2017 Feb 16. PMID: 30065466; PMCID: PMC6029310.
64. Huang YL, Hsieh SF, Chang YC, Chen HC, Wang TG. Ultrasonographic evaluation of hyoid-larynx approximation in dysphagic stroke patients. *Ultrasound Med Biol*. 2009 Jul;35(7):1103-8. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2009.02.006. Epub 2009 May 7. PMID: 19427098.
65. Matsuo T, Matsuyama M, Nakatani K, Mori N. Evaluation of swallowing movement using ultrasonography. *Radiol Phys Technol*. 2020 Mar;13(1):62-68. doi: 10.1007/s12194-019-00547-1. Epub 2019 Nov 30. PMID: 31786806.
66. Matsuo T, Matsuyama M. Detection of poststroke oropharyngeal dysphagia with swallowing screening by ultrasonography. *PLoS One*. 2021 Mar 17;16(3):e0248770. doi: 10.1371/journal.pone.0248770. PMID: 33730038; PMCID: PMC7968693.
67. Wang YC, Wu CH, Shyu SG, Hsiao MY, Wang TG. Ultrasonography-guided botulinum toxin injection to the cricopharyngeus muscle: a case report and technical notes. *Med Ultrason*. 2020 Sep 5;22(3):345-355. doi: 10.11152/mu-2097. Epub 2019 Nov 8. PMID: 32190858.