

## Amyotrophic lateral sclerosis: sonographic evaluation of dysphagia

### *Sclerosi laterale amiotrofica: valutazione ecografica della disfagia*

S. Tamburrini<sup>1</sup> · A. Solazzo<sup>2</sup> · A. Sagnelli<sup>3</sup> · L. Del Vecchio<sup>2</sup> · A. Reginelli<sup>2</sup> · M. Monsorrò<sup>3</sup>  
R. Grassi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UOC Diagnostica per Immagini PO dei Pellegrini, Via Boezio 19, 80124 Napoli, Italy

<sup>2</sup> Sezione di Radiologia, Dipartimento Magrassa-Lanzara, Seconda Università di Napoli, Napoli, Italy

<sup>3</sup> II Clinica Neurologica, Seconda Università di Napoli, Napoli, Italy

Correspondence to: S. Tamburrini, Tel.: +39-081-0607311, Fax: +39-081-2543302, e-mail: stamburrin@sirm.org

Received: 26 April 2009 / Accepted: July 2009 / Published online: 19 February 2010

© Springer-Verlag 2010

#### Abstract

**Purpose.** The authors sought to determine the role of video ultrasonography (VUS) in the diagnostic assessment of dysphagia in patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS).

**Materials and methods.** Nine patients underwent simultaneous static and dynamic VUS examination and videofluoroscopy (VFS) of swallowing.

**Results.** At the static phase, VUS showed 5/9 patients had lingual atrophy. Abnormal bolus position was observed in 6/9 patients at VUS and 3/9 at VFS. Both techniques identified an inability to keep the bolus in the oral cavity in 4/9 patients. At the dynamic phase, reduced lingual movement was observed in 5/9 patients at VUS and 2/9 at VFS. Disorganised tongue movement was seen in 3/9 patients at VUS and in 2/9 at VFS. Fragmented swallowing was only visualised at VUS. Stagnation of ingested material was never visualised at VUS, whereas it was clearly depicted in 2/9 patients at VFS.

**Conclusions.** VUS can be integrated into the diagnostic protocol for evaluating swallowing in patients with ALS, as it has higher sensitivity than VFS in assessing the dynamic factors that represent the early signs of dysphagia.

**Keywords** Dysphagia · Amyotrophic lateral sclerosis · Ultrasound · Videofluoroscopy

#### Riassunto

**Obiettivo.** Scopo di questo lavoro è stato stabilire quale ruolo abbia l'ecovideografia (EVG) nel protocollo diagnostico dei pazienti disfagici con sclerosi laterale amiotrofica (SLA).

**Materiali e metodi.** Nove pazienti sono stati sottoposti contestualmente ad esame con videofluoroscopia (VFS) ed EVG (studio statico e dinamico) della deglutizione.

**Risultati.** Per quanto riguarda la fase statica, all'EVG 5 pazienti presentavano atrofia linguale. La posizione anomala del bolo è stata osservata in 6/9 pazienti all'EVG e in 3/9 alla VFS. Quattro pazienti presentavano incapacità a trattenere il bolo nella cavità orale in entrambe le metodiche. Per quanto riguarda la fase dinamica, il movimento linguale ridotto è stato visualizzato in 5/9 pazienti all'EVG e in 2/9 alla VFS. La disorganizzazione del movimento linguale è stata osservata in 3/9 pazienti all'EVG ed in 2/9 alla VFS. La deglutizione frammentaria è stata osservata solo all'EVG. Non è stato mai visualizzato il ristagno degli ingestivi allo studio ecovideografico, presente in 2 pazienti alla VFS.

**Conclusioni.** L'ecovideografia può essere integrata nel protocollo diagnostico dello studio della deglutizione nei pazienti con SLA grazie alla maggiore sensibilità rispetto alla VFS nel valutare i reperti dinamici che rappresentano segni precoci di disfagia.

**Parole chiave** Disfagia · Sclerosi laterale amiotrofica · Ecografia · Videofluoroscopia

## Introduction

In patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS), or Lou Gehrig's disease, dysphagia is caused by degeneration of bulbar motor neurons and mainly involves difficulty initiating the voluntary oral phase of deglutition [1, 2]. Assessing dysphagia in patients affected by ALS relies on a multidisciplinary approach involving neurologists, gastroenterologists, radiologists and speech therapists that aims at evaluating the symptoms and signs of dysphagia and providing indications for treatment. Despite the poor prognosis of ALS, it is possible to control dysphagia by adequately modifying the diet and adopting postural compensation manoeuvres to maintain oral feeding and defer the need for percutaneous endoscopic gastrostomy (PEG) for as long as possible [3–7].

The swallowing act is divided into three successive phases: the oral (preparatory and propulsive) phase, the pharyngeal phase (oropharyngeal and hypopharyngeal) and the oesophageal phase (cervical and thoracoabdominal), all of which are functionally related and interdependent [2]. In patients with dysphagia, radiological imaging is indicated both for diagnostic purposes and treatment planning [8]. Videofluoroscopy (VFS) consists in video-recording fluoroscopic images obtained during ingestion of a barium sulphate suspension and allows morphological, dimensional and dynamic evaluation of bolus passage through the aerodigestive tract. However, although excellent for depicting the pharyngeal and oesophageal phases, VFS is limited in the study of the oral phase, as it is unable to evaluate the muscular structure of the tongue and floor of the mouth [2, 7, 9–11]. Ultrasonography allows easy visualisation of the aerodigestive tract involved in the oral phase of deglutition without the use of ionising radiation. Shawker et al. were the first to suggest the use of video ultrasonography (VUS) for documenting tongue motility, hyoid elevation and formation and appearance of the lingual bolus [12]. VUS also enables real-time measurements to be made on 2D and 3D images [13]. The aim of our study was to determine the role of VUS in diagnostic assessment of dysphagic patients with ALS.

## Materials and methods

### Patients

This study, approved by the ethics committee, was conducted over 12 months (January–December 2008) in cooperation with the referral centre for motor neuron diseases, which follows approximately 70 ALS patients

## Introduzione

*La disfagia, difficoltà a deglutire alimenti solidi o liquidi, nei pazienti con sclerosi laterale amiotrofica (SLA), o malattia di Lou Gehrig, è causata dalla degenerazione dei neuroni motori bulbari e trova la sua causa principale nella difficoltà nel dare avvio alla fase orale, volontaria, della deglutizione [1, 2]. La valutazione del paziente disfagico affetto da SLA si avvantaggia di un approccio multidisciplinare, con il coinvolgimento del neurologo, del gastroenterologo, del radiologo e del logopedista, al fine di valutare la sintomatologia disfagica e fornire l'indicazione terapeutica. Malgrado la prognosi infausta della malattia, è possibile arginare il disturbo disfagico modificando adeguatamente la dieta e adottando manovre di compenso della postura al fine di mantenere il più a lungo possibile l'alimentazione orale e ritardare il ricorso alla gastrostomia endoscopica percutanea (PEG) [3–7].*

*La funzione deglutitoria viene suddivisa in tre fasi cronologicamente successive: fase orale (preparatoria e di trasporto), fase faringea (oro- ed ipofaringea) e fase esofagea (cervicale e toraco-addominale) tra loro funzionalmente correlate ed interdipendenti [2]. L'imaging radiologico trova indicazione sia nella fase diagnostica che nel planning terapeutico della disfagia [8]. La videofluoroscopia (VFS) consiste nella videoregistrazione di immagini fluoroscopiche ottenute durante l'ingestione di sospensione di solfato di bario. Essa consente la valutazione morfologica, dimensionale e dinamica del passaggio del bolo attraverso il sistema aerodigestivo. Tuttavia la VFS, mentre risulta ottimale per la documentazione delle fasi faringea ed esofagea, non consente uno studio ottimale della fase orale, non potendo valutare la struttura muscolare della lingua e del pavimento buccale [2, 7, 9–11]. L'ecografia, senza l'utilizzo di radiazioni ionizzanti, permette di visualizzare agevolmente le strutture del sistema aerodigestivo coinvolte nella fase orale della deglutizione. Shawker et al. [12] proposero per primi l'impiego della registrazione ecovideografica (EVG) nella documentazione della motilità linguale, della risalita dell'osso ioide, della modalità di formazione e dell'aspetto del bolo linguale [12]. Questa metodica, inoltre, consente di ottenere misurazioni in real-time con immagini bidimensionali (2D) e tridimensionali (3D) [13]. Scopo del nostro lavoro è stabilire quale ruolo abbia l'EVG nel protocollo diagnostico dei pazienti disfagici affetti da SLA.*

## Materiali e metodi

### Pazienti

*Lo studio, approvato dalla Commissione Etica, ha avuto una durata di 12 mesi (gennaio–dicembre 2008) ed è stato svolto in collaborazione con il Centro di Riferimento per le malattie dei motoneuroni che segue annualmente circa 70 pazienti con SLA. In tale periodo sono giunti alla nostra*

every year. During this period, 35 patients were referred to our unit to undergo a VFS swallow study according to the protocols described in the literature [7]. Of these 35 patients, nine (M:F=5:4), aged 33–76 (mean 60) years, underwent simultaneous VUS to complement the VFS study. Five of these nine patients had classic ALS, with first and second motor neuron degeneration, whereas four had bulbar ALS, with signs and symptoms confined to the bulbar region. Eight were clinically dysphagic. Disease duration ranged from 6 to 33 (mean 15) months, and the average time between initial ALS symptoms and the diagnostic study was 16 months.

#### Ultrasound system and technique

VUS was carried out with a ProFocus system (B-K Medical) equipped with a 5-MHz microconvex probe (Type 8803) and direct video-capturing software featuring 25 frames/s, possibility of slowing down the frame rate to 1/30 of normal speed, and possibility of obtaining freeze-frame shots. The swallowing mechanism was analysed by placing the transducer directly onto the skin surface without use of an ultrasound pad [2, 14]. Longitudinal and transverse scans were performed through the submental acoustic window, with the patient in a seated position. Transverse evaluation of the oral cavity was performed with the microconvex transducer placed in the cavity of the thyroid cartilage. Each patient underwent biphasic VUS consisting of both static and dynamic assessment [15, 16]. Each patient was administered three water boluses (5, 10, and 15 ml) and instructed to hold the bolus in the mouth until told to swallow.

#### Ultrasound evaluation criteria

During swallowing of the water boluses (5, 10 and 15 ml), the oral phase of deglutition was considered to be physiological when:

1. The liquid was held between the anterior surface of the blade of the tongue and the hard palate (Fig. 1a)
2. The tip and blade of the tongue pressed against the hard palate and the base against the soft palate while the back of the tongue was lowered due to contraction of the intrinsic muscles; the genioglossus and geniohyoid muscles contracted leading, to formation of the bolus proper; the hyoid bone was visualised inside the field of view (Fig. 1b)
3. The bolus was transported into the oropharynx by posterior tongue propulsion (Fig. 1c)
4. Return to a resting state with the genioglossus and geniohyoid muscles relaxed, the hyoid bone lowered, and the tongue was immobile (Fig. 1d).

VUS of the oral phase of swallowing was performed with

*osservazione 35 pazienti per eseguire esami di VFS per studio della deglutizione secondo i protocolli descritti in letteratura [7]. Dei 35 pazienti sottoposti a VFS, 9 (M:F=5:4), di età compresa tra 33 ed 76 anni (media 60 anni) previo consenso informato, sono stati sottoposti contestualmente ad integrazione con esame EVG della deglutizione. Dei 9 pazienti sottoposti ad esame EVG, 5 presentavano SLA con forma classica, cioè con coesistenza del coinvolgimento del primo e del secondo neurone di moto, 4 presentavano forma bulbare, cioè con segni e sintomi confinati al distretto bulbare. Clinicamente 8 erano disfagici; l'epoca di esordio della malattia variava da 6 a 33 mesi (media 15 mesi), il tempo medio trascorso tra comparsa dei primi sintomi di SLA ed esame strumentale era di 16 mesi.*

#### Apparecchiatura e tecnica ecografica

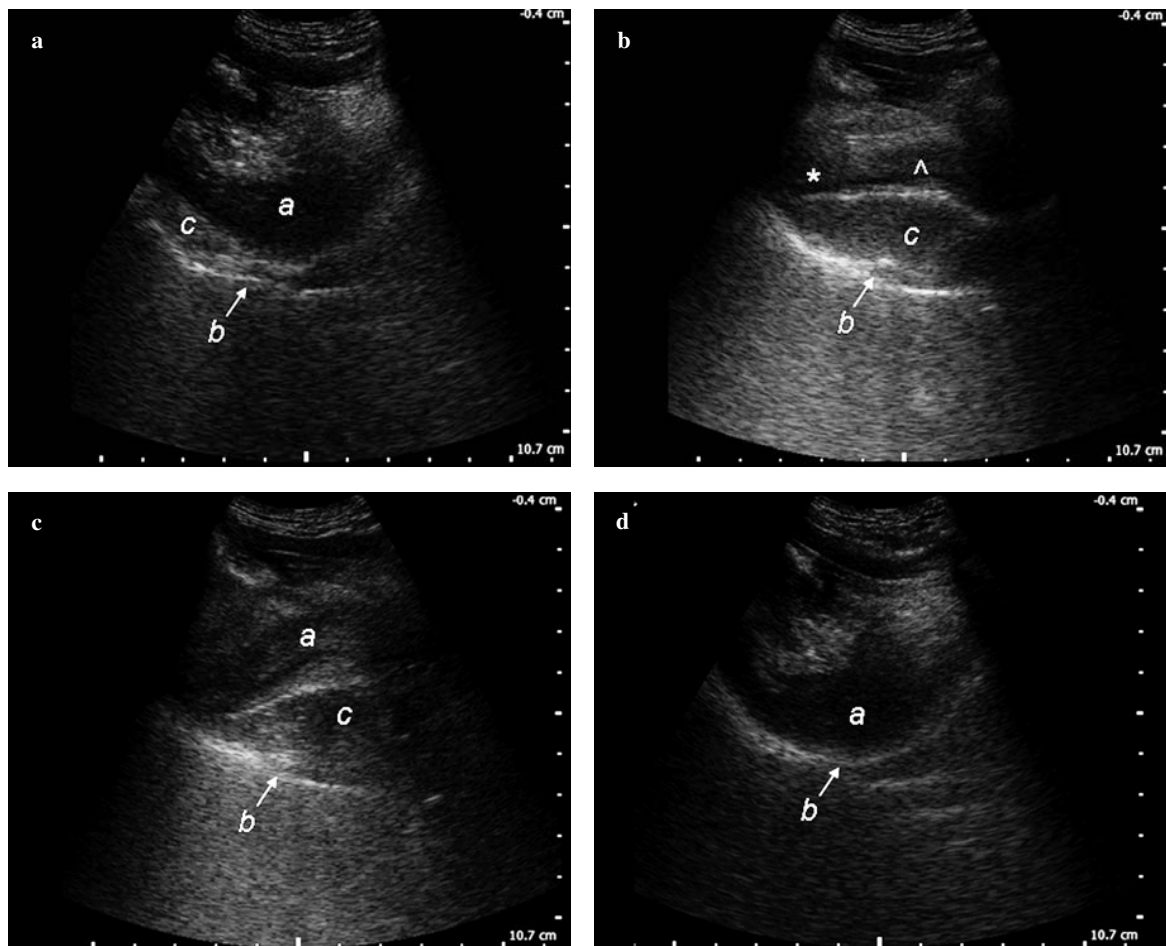
*È stato usato un ecografo B-K Medical Ultrasound System ProFocus con sonda da 5 MHz di tipo microconvex (Type 8803) e software di video-acquisizione diretta con le seguenti caratteristiche: 25 immagini/s, velocità di scorrimento d'immagine rallentabile fino a 1/30 della velocità normale, possibilità di fermo immagine. L'analisi dei movimenti deglutitori è stata ottenuta poggiando la sonda direttamente al piano cutaneo senza uso di distanziatore [2, 14]. Sono state praticate scansioni ecografiche longitudinali e trasversali, attraverso la finestra acustica sottomentale, con il soggetto in posizione seduta. Per la valutazione trasversale della cavità orale, il trasduttore microconvex è stato posto nella cavità della cartilagine tiroidea. Per ogni paziente è stato eseguito uno studio EVG bifasico comprendente una valutazione statica e una dinamica [15, 16]. Ad ogni paziente sono stati somministrati 3 boli di acqua (5, 10, 15 ml) con l'istruzione di tenerla in bocca e poi di deglutire al comando.*

#### Criteri di valutazione ecografica

*All'ingestione dei boli liquidi (5, 10 e 15 ml) è stata considerata fisiologica una fase orale della deglutizione nella quale:*

1. *Il liquido viene trattenuto nella parte anteriore del cavo orale: al di sopra della punta della lingua, tra questa e il palato duro (Fig. 1a).*
2. *La punta della lingua si addossa al palato duro ed alla base al palato molle, mentre compare un avvallamento del dorso linguale per contrazione dei muscoli intrinseci; i muscoli genioglossa e genioioideo si contraggono con conseguente formazione del bolo propriamente detto. Comparsa dell'osso ioide nel campo d'immagine (Fig. 1b).*
3. *Il bolo viene spinto nell'orofaringe mediante la propulsione linguale posteriore (Fig. 1c).*
4. *Ritorno allo stato di riposo: i muscoli genioglossa e genioioideo si rilasciano, l'osso ioide si abbassa, la lingua torna alla sua immobilità (Fig. 1d).*

*L'EVG della fase orale della deglutizione è stata*



**Fig. 1a-d** Physiological swallowing. **a** Bolus (c) between tongue (a) and hard palate (b, hyperechogenic line). **b** Start of propulsive step: blade (\*) of tongue to hard palate and lowering of back (^) of tongue. **c** Backwards propulsion of the bolus. **d** Return to rest position.

**Fig. 1a-d** Esempio di deglutizione fisiologica. **a** Bolo (c) tra lingua (a) e palato duro (b, linea iperecogena); **b** della fase propulsiva: addossamento della punta (\*) della lingua al palato duro ed avvallamento del dorso (^) della lingua; **c** propulsione posteriore del bolo; **d** ritorno alla posizione di riposo.

the biphasic technique, which studies the static (morphological) and dynamic (propulsive) components. During the static phase, we examined tongue atrophy, abnormal bolus position (below the tongue, “dipper” swallow) and inability to retain the bolus inside the oral cavity. During the dynamic phase, we assessed reduced (less lowering of back of tongue) or disorganised (no appreciable lowering) tongue movement, fragmented swallowing (bolus swallowed in more than one swallowing act) and pooling of ingested material (pooling of contrast agent even after two swallows).

#### Videofluoroscopy system and technique

We used a Dyno Compact computerised system (MENFIS Biomedica s.r.l., Bologna, Italy) equipped with: (1) graphics

condotta con tecnica bifasica che valuta la componente statica (morfologica) e dinamica (propulsiva). Nella fase statica sono stati esaminati l'atrofia della muscolatura linguale, l'anomala disposizione del bolo (sotto la punta della lingua), l'incapacità a trattenere il bolo nella cavità orale. Nella fase dinamica sono stati valutati per ognuno dei boli di acqua: il movimento linguale ridotto (ridotto avvallamento del dorso della lingua) o disorganizzato (senza avvallamento apprezzabile), la deglutizione frammentaria (bolo deglutito in più atti), il ristagno degli ingesti (ristagno di mezzo di contrasto [MdC] anche dopo due atti).

#### Apparecchiatura e tecnica videofluoroscopica

È stato impiegato il sistema computerizzato Dyno Compact (MENFIS bioMEDICA srl, Bologna, Italia) dotato di: 1. scheda grafica per la gestione di immagini ecografiche o

card for managing sonographic or radiographic images; (2) A.VI.U.S. dedicated software, which enables digital-quality recording (PAL/NTSC, composite video or S-video) of the VFS study in AVI format with 320×240 resolution and 25-Hz acquisition frequency. The delay introduced by process of image digitisation is in the order of 200 ms. During image acquisition, video images are displayed in real time at full screen on the PC monitor. Following acquisition, the video can be analysed during real-time reproduction at reduced or increased speed, or it can be paused for a frame-by-frame analysis [7].

VFS begins with a unenhanced, baseline assessment of vocal cord and soft palate motility. The study was done with a barium contrast agent (Prontobarrio HD, Bracco S.p.A., Milan, Italy) diluted with 65 ml of water. Examinations were acquired with the patient standing or, if unable to maintain this position, seated. For purposes of radiation protection, the contrast agent boluses were customised according to the patient's performance status (5, 10 or 15 ml). Patients were asked to hold the bolus for several seconds in their mouth and to swallow it when instructed to do so. The examination was videorecorded in the antero-posterior and laterolateral view and subsequently reviewed frame by frame.

#### Criteria for videofluoroscopic assessment

The preparatory phase of VFS was compared with static VUS, whereas the propulsive phase of VFS was compared with dynamic VUS. During the preparatory phase, we analysed the position of the bolus and the patients' inability to hold the bolus in their mouth. During the propulsive phase, we assessed for reduced or disorganised tongue movement, fragmented swallowing and pooling of ingested material (Table 1).

## Results

Analysis of the static phase was based on three sonographic and two videofluoroscopic parameters (Table 1). At VUS, four patients showed tongue atrophy. An abnormal bolus position was seen in 6/9 patients at VUS (below the tongue) and in 3/9 at VFS. Four patients were unable to retain the bolus inside the oral cavity at both VUS and VFS. Analysis of the dynamic phase took into consideration four parameters for both techniques (Table 1). Reduced tongue movement was detected in 5/9 patients at VUS, even with the smallest amount of water (5 ml), and in 2/9 at VFS. Disorganised tongue movement was observed in 3/9 patients at VUS (in two patients with 15 ml of water and in one with 10 ml) and in 2/9 at VFS. Fragmented swallowing was observed at VUS in 4/9 – in two patients with 15 ml of

*radiografiche; 2. A.VI.U.S. software dedicato, attraverso il quale è possibile registrare in qualità digitale (PAL/NTSC, video composito o Svideo) la VFS, in filmati AVI con risoluzione 320×240 e con frequenza di acquisizione di 25 Hz; il ritardo introdotto dal processo di digitalizzazione dell'immagine è dell'ordine dei 200 ms. In corso di analisi il video viene visualizzato sullo schermo PC in tempo reale durante l'acquisizione dell'esame. Una volta acquisito lo studio, l'analisi può essere effettuata in riproduzione "tempo reale", a velocità ridotta o aumentata; è inoltre possibile l'analisi frame per frame mediante messa in pausa degli specifici frames di interesse [7].*

*L'esame VFS inizia con una valutazione di base (senza MdC) per lo studio della motilità delle corde vocali e del palato molle. Per l'indagine VFS è stato utilizzato come mezzo di contrasto una sospensione baritata (Prontobarrio HD, Bracco SpA, Milano, Italia) in 65 cc di acqua, con paziente in ortostatismo, salvo casi in cui la compromissione della funzione statica dei pazienti ha reso necessaria l'acquisizione dell'esame in posizione seduta. Per motivi radioprotezionistici sono stati somministrati boli di MdC, in quantità ottimizzate in relazione alla compliance del paziente (o 5, o 10, o 15 ml). Il paziente è stato invitato a trattenere il bolo e, successivamente, a deglutire al comando dell'operatore. L'esame è stato videoregistrato in proiezione antero-posteriore e latero-laterale. L'esame è stato poi rivalutato mediante analisi frame by frame.*

#### Criteri di valutazione videofluoroscopica

*La fase preparatoria della VFS è stata correlata alla fase statica dello studio ecografico, mentre la fase di trasporto della VFS è stata correlata allo studio dinamico dell'EVG. Nella fase preparatoria è stata valutata la disposizione del bolo, l'incapacità del paziente di trattenere il bolo nella bocca. Nella fase di trasporto sono stati valutati il movimento linguale ridotto o disorganizzato, la presenza di deglutizione frammentaria, il ristagno degli ingestivi (Tabella 1).*

## Risultati

*La valutazione della fase statica ha considerato 3 parametri ecografici e 2 videofluoroscopici (Tabella 1). All'EVG 4 pazienti presentavano atrofia linguale. La posizione anomala del bolo è stata osservata in 6/9 pazienti all'EVG (sotto la punta della lingua) e in 3/9 alla VFS. Quattro pazienti presentavano incapacità a trattenere il bolo nella cavità orale sia allo studio EVG che VFS. La valutazione della fase dinamica ha considerato 4 parametri per entrambe le metodiche (Tabella 1). Il movimento linguale ridotto è stato visualizzato 5/9 pazienti all'EVG, già con quantità minime di acqua (5 ml) e in 2/9 alla VFS. La disorganizzazione del movimento linguale è stata osservata in 3/9 pazienti all'EVG (in 2 pazienti per 15 ml di acqua e in 1 per 10 ml) e in 2/9 alla VFS. La deglutizione frammentaria*

**Table 1** Videoultrasonographic (VUS) and videofluoroscopic (VFS) static and dynamic parameters

		VFS		VUS		
		Patients		Patients		
Static study	Bolus position	Normal	6	Atrophy of tongue muscles	No	5
		Abnormal	3	Bolus position	Yes	4
	Inability to retain bolus in oral cavity	No	5	Normal		3
		Yes	4	(tipper swallow)		
	Inability to retain bolus in oral cavity	No	5	Abnormal		6
		Yes	4	(dipper swallow)		
Dynamic study	Tongue movement	Normal	7	Tongue movement	Normal	4
		Reduced	2	Reduced (5 ml, 10 ml 15 ml)		5 (5 ml)
	Disorganised tongue movement	No	7	Disorganised tongue movement	No	6
		Yes	2	Yes (5 ml, 10 ml, 15 ml)		3 (2 at 15 ml, 1 at 10 ml)
	Fragmented swallow	No	9	Fragmented swallow	No	5
		Yes	0	Yes (5 ml, 10 ml, 15 ml)		4 (2 at 15 ml, 2 at 10 ml)
	Pooling of ingested material	No	7	Pooling of ingested material	No	9
		Yes	2	Yes		0

water and in two with 10 ml. Pooling of ingested material was visualised in no case at VUS and in two patients at VFS (Fig. 2).

## Discussion

VUS proved to be useful for morphological and functional evaluation of the tongue [2] in that it provided information about initial alterations of static and dynamic factors involved in the oral phase of deglutition. During static evaluation, soft tissue is well differentiated from fluids, providing accurate anatomical detail. Additionally, correct visualisation of the oropharynx requires no contrast agent but only water or food depending on the aims of the study. In our series, patients appeared to “prefer” ingestion of water (VUS) to barium contrast agents (VFS). As a VUS contrast agent, we used only progressive amounts of water (from 5 to 15 ml), which we found to provide excellent visualisation, which is in contrast to other authors who preferred to use a cola beverage [17].

*è stata osservata all’EVG in 4/9: in 2 pazienti per 15 ml di acqua e in 2 per 10 ml. Non è stato possibile mai visualizzare il ristagno degli ingesti all’EVG, mentre è stato riscontrato in 2 pazienti alla VFS (Fig. 2).*

## Discussione

*L’EVG si è dimostrata un’indagine utile per la valutazione morfologica e funzionale della lingua [2], fornendo informazioni sulle iniziali alterazioni dei fattori statici e dinamici della fase orale della deglutizione. Durante la valutazione statica, i tessuti molli possono essere distinti dai materiali fluidi, fornendo un accurato dettaglio anatomico. Inoltre, non è necessario usare mezzi di contrasto per visualizzare l’orofaringe ma è sufficiente l’acqua o cibi selezionati secondo le finalità dello studio. Nella nostra casistica i pazienti hanno mostrato di “preferire” l’ingestione di semplice acqua (EVG) al MdC baritato (VFS). Per l’EVG abbiamo utilizzato come MdC solo dosi crescenti di acqua da 5 a 15 ml, ottenendone un’ottima visualizzazione, benché altri autori abbiano utilizzato la cola, ritenendola migliore [17]. La ripetibilità*

**Tabella 1** Parametri statici e dinamici ecovideo grafici/videofluoroscopici

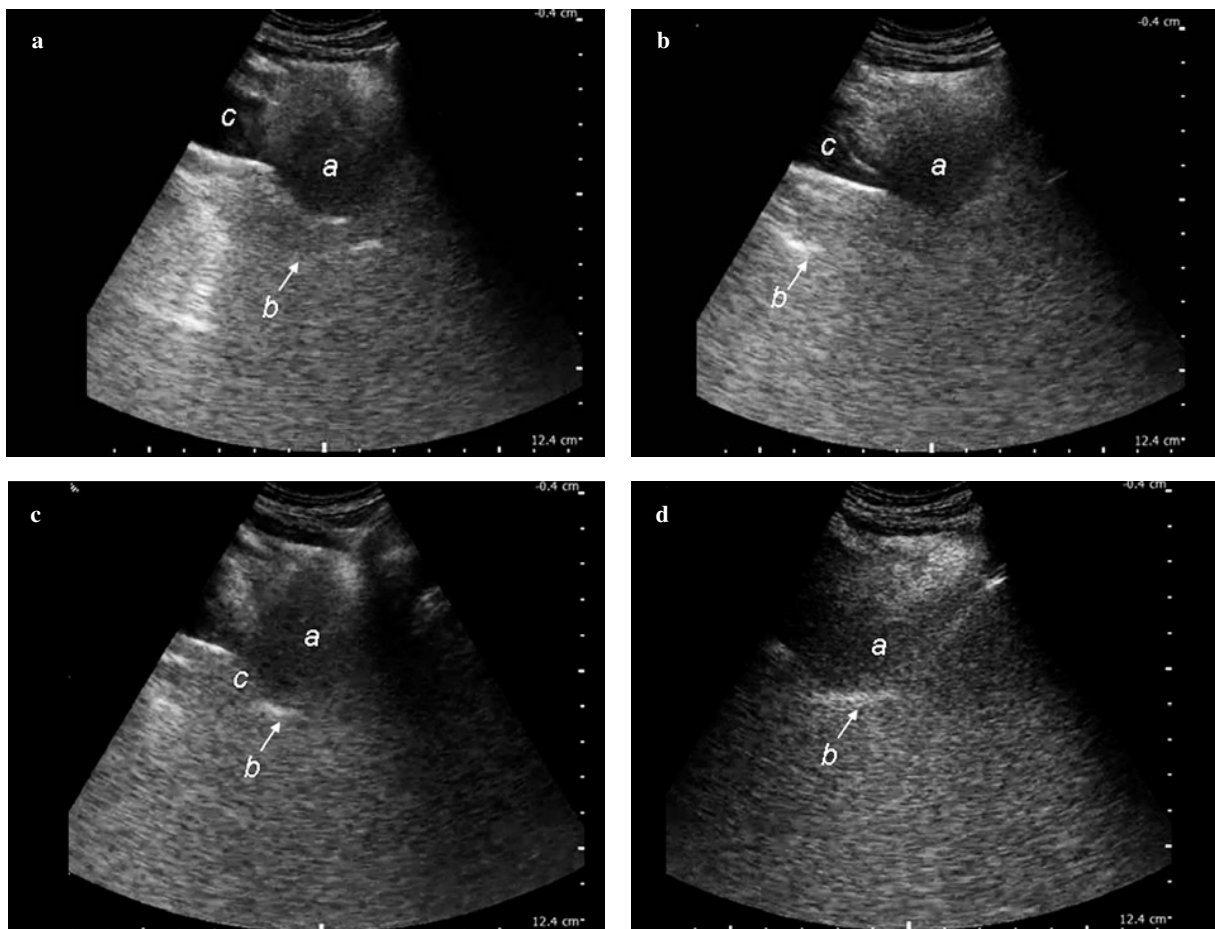
		VFS		VUS	
		Pazienti		Pazienti	
Studio statico	Disposizione del bolo	Normale	6	Atrofia della muscolatura linguale	
		Anormale	3	No	5
	Incapacità di trattenere il bolo in cavità orale	No	5	Sì	4
		Sì	4	Disposizione del bolo	
				Normale (Sulla Punta della lingua)	3
				Anormale (Sotto la punta della lingua)	6
Studio dinamico	Movimento linguale	Normale	7	Movimento linguale	
		Ridotto	2	Normal	4
	Movimento linguale disorganizzato	No	7	Reduced (5 ml, 10 ml 15 ml)	5 (5 ml)
		Sì	2	No	6
	Deglutizione frammentaria	No	9	Sì (5 ml, 10 ml, 15 ml)	3 (2 15 ml, 1 10 ml)
		Sì	0	No	5
	Ristagno degli ingestivi	No	7	Sì (5 ml, 10 ml, 15 ml)	4 (2 15 ml, 2 10 ml)
		Sì	2	No	9
				Sì	0

Repeatability of the examination – during the same session with progressive amounts of water and during follow-up and rehabilitation – is ensured by the lack of ionising radiation.

Static evaluation is based on three parameters: tongue atrophy, bolus position and inability to retain the bolus inside the oral cavity. Tongue atrophy is not an early sign of dysphagia but results from motor neuron damage subsequent to dynamic alterations [18]. In our study, tongue atrophy, which was only measured subjectively, was always associated with at least one of the dynamic abnormalities, supporting the link between dynamic and morphological factors. According to several authors [15], a bolus position below the tongue (dipper swallow) is rare in the normal population in the absence of dynamic abnormalities. Our study confirmed this view. In fact, although observed in only one patient with dynamic abnormalities, a bolus position below the tongue was constantly associated with reduced tongue movement or fragmented swallowing in all cases. The performance of VUS in identifying patients unable to retain the bolus

dell'esame intesa non solo nella stessa seduta per dosi crescenti di MdC, ma anche nel follow-up durante la riabilitazione, è possibile poiché non vengono utilizzate radiazioni ionizzanti.

La valutazione statica dell'EVG prende in considerazione tre parametri: l'atrofia linguale, la disposizione del bolo e l'incapacità di trattenere il bolo nella cavità orale. L'atrofia linguale non rappresenta un segno precoce di disfagia, ma consegue al danno dei motoneuroni in un tempo successivo rispetto alle alterazioni dinamiche [18]. Nel nostro studio l'atrofia linguale, valutata sulla base di un criterio puramente soggettivo, è risultata sempre associata ad almeno una delle alterazioni di tipo dinamico, evidenziando quindi il legame tra il fattore dinamico e quello morfologico. Secondo alcuni autori [15], la disposizione del bolo al di sotto della punta della lingua è rara nella popolazione normale in assenza di alterazioni dinamiche. Nel nostro studio questo dato è stato confermato. Infatti benché tale reperto sia stato osservato in un solo paziente in assenza di alterazioni dinamiche, in tutti gli altri casi la disposizione del bolo al di sotto della punta della lingua è risultata sempre associata a movimento linguale ridotto o a deglutizione frammentaria. La



**Fig. 2a-d** Pathological swallowing. **a** Bolus position below tongue (dipper-type bolus position). **b** Reduced tongue movement with no lowering of back of tongue. **c** Disorganised tongue propulsion. **d** Return to rest position.

*Fig. 2a-d* Esempio di deglutizione patologica. **a** Disposizione del bolo sotto la punta della lingua; **b** movimento linguale ridotto con mancato avvallamento del dorso della lingua; **c** disorganizzazione linguale nell'azione propulsiva; **d** ritorno alla posizione di riposo.

inside the mouth was almost equal to that of VFS, and both techniques depicted anterior bolus loss as a positive imaging sign.

Dynamic evaluation is based on four parameters: reduced or disorganised tongue movement, fragmented swallowing and pooling of ingested material. Overall tongue activity is well visualised and documented at VUS thanks to the ability of ultrasound to depict soft tissues. Reduced and/or disorganised tongue movement is correlated with abnormal lowering of the back of the tongue during bolus formation, leading to a failure to model the bolus [2]. This finding could represent the first cause of abnormalities in the oral phase of swallowing. Furthermore, fragmented swallowing was always associated with reduced tongue movement. Pooling of ingested material inside the oral vestibule was visualised at VFS only due to the inability of ultrasound to penetrate bone; however, the same patients has positive findings on VUS, with evidence of trophic or functional abnormalities.

*capacità dell'EVG nel definire i pazienti con incapacità nel trattenere il bolo nella cavità orale è risultata sovrapponibile alla VFS, entrambe le metodiche hanno come segno positivo per l'imaging la perdita anteriore del bolo.*

*Nella valutazione dinamica sono stati considerati quattro parametri: il movimento linguale ridotto o disorganizzato, la deglutizione frammentaria ed il ristagno degli ingestivi. La motilità linguale risulta complessivamente ben valutabile e documentabile con l'EVG grazie alla capacità intrinseca degli ultrasuoni a valutare i tessuti molli. Il movimento linguale ridotto e/o disorganizzato sono correlati all'alterazione del normale avvallamento del dorso linguale durante la formazione del bolo, con conseguente "non modellamento" del bolo stesso [2]; tale reperto potrebbe rappresentare il primum movens delle alterazioni della fase orale della deglutizione. Inoltre, la deglutizione frammentaria è risultata sempre associata a ridotta motilità linguale. Il ristagno degli ingestivi a livello del vestibolo è stato visualizzato solo con la VFS a causa dell'incapacità degli ultrasuoni di attraversare le strutture ossee, tuttavia negli stessi*



All abnormalities observed, whether static or dynamic, reflected injury to the nervous system involving abnormalities in swallowing reflex or motor nerve supply mainly from the seventh and twelfth cranial nerves [2].

The main limitations of our study are the small number of patients examined, which were nonetheless 26% of all ALS patients referred for swallowing investigations, the use of a fluid contrast agent for both VUS and VFS and the impossibility of evaluating pharyngeal and oesophageal phases with VUS.

Comparison with VFS findings shows that the ability of VUS to demonstrate tongue atrophy may have no implication for clinical-therapeutic management, as this is a late finding that may only be useful in patients who had not previously undergone VFS. In contrast, a more significant result of VUS was the ability to identify patients with abnormal bolus position below the tongue in static evaluation in that this was constantly associated with other dynamic abnormalities. The role of VUS in evaluating dysphagic ALS patients is to provide an earlier and more sensitive detection of dynamic abnormalities of the oral phase compared VFS, in particular, as concerns reduced or disorganised tongue movement and fragmented swallowing. The use of VUS in evaluating dysphagic ALS patients is proposed on the basis that it can be performed at the patient's bedside; it is repeatable, as it does not use ionising radiation; it is able to depict reflex swallowing in poorly cooperating patients unable to undergo VFS; and it permits dysphagia to be evaluated with progressive amounts of contrast material (water) and without additional costs.

## Conclusions

VUS of the tongue is complementary to VFS, as it provides accurate depiction of the oral phase of swallowing [2]. Biphase VUS provides a static/morphological evaluation of the oral cavity and real-time assessment of the mechanisms of bolus formation and propulsion. VUS can be added to the diagnostic protocol to evaluate swallowing in patients with ALS either before or at the same time as VFS, thanks to its greater sensitivity in evaluating dynamic factors that represent early signs of dysphagia. Moreover, the use of VUS in evaluating dysphagia in ALS is proposed on the grounds that it can be performed at the patient's bedside and is able to demonstrate reflex swallowing in uncooperative patients.

*pazienti l'EVG è stata comunque positiva mostrando alterazioni trofiche o funzionali.*

*Le alterazioni da noi osservate, sia statiche che dinamiche, sono espressione di lesioni del sistema nervoso che comportano alterazione del riflesso deglutitorio o dell'innervazione motoria prevalentemente sotto il dominio del VII e XII paio di nervi cranici [2].*

*Fra i limiti del nostro studio, sottolineiamo il basso numero di pazienti esaminati, malgrado rappresentino il 26% dei pazienti con SLA sottoposti ad uno studio per imaging della deglutizione, l'uso di MdC solo liquido sia per l'EVG che per la VFS, l'impossibilità di valutare con l'EVG la fase faringea e quella esofagea.*

*Dal confronto con i dati ottenuti alla VFS si evince che la capacità dell'EVG di evidenziare l'atrofia linguale può non avere risvolti clinico-terapeutici in quanto è un reperto tardivo, può essere utile solo nei pazienti che non hanno eseguito precedentemente un esame VFS. Più significativa nella valutazione statica all'EVG è invece la capacità di individuare i pazienti con disposizione anomala del bolo sotto la punta della lingua in quanto sempre associato ad altre alterazioni di tipo dinamico. Il vero ruolo dell'EVG nella valutazione dei pazienti disfagici con SLA è quello di individuare precocemente e con maggiore sensibilità rispetto alla VFS le alterazioni dinamiche della fase orale della deglutizione, in particolare il movimento linguale ridotto o disorganizzato e la deglutizione frammentaria. L'utilizzo dell'EVG nella valutazione della disfagia dei pazienti con SLA può essere proposto per la possibilità di eseguire l'esame al letto del paziente, per la sua ripetibilità non utilizzando radiazioni ionizzanti, per la possibilità di documentare una deglutizione riflessa nei pazienti non collaboranti per la VFS, per valutare senza costi aggiuntivi la disfagia con dosi crescenti di MdC (acqua).*

## Conclusioni

*Lo studio EVG della lingua è un esame complementare allo studio radiologico permettendo una documentazione accurata della cinetica della fase orale [2]. L'ecografia bifasica inoltre, consente di effettuare una valutazione statica/morfologica del cavo orale e di seguire in real-time i meccanismi di formazione e propulsione del bolo. L'utilizzo dell'EVG può essere integrato nel protocollo diagnostico dello studio della deglutizione dei pazienti con SLA, se non precedentemente almeno contestualmente all'esame VFS, grazie alla maggiore sensibilità nel valutare i reperti dinamici che rappresentano i segni precoci di disfagia. Inoltre l'utilizzo dell'EVG nella valutazione della disfagia dei pazienti con SLA può essere proposto per la possibilità di eseguire l'esame al letto del paziente e per la possibilità di documentare una deglutizione riflessa nei pazienti non collaboranti.*

**Conflict of interest** None

## References/Bibliografia

1. Ertekin C, Aydogdu I, Yüceyar N et al (2000) Pathophysiological mechanisms of oropharyngeal dysphagia in amyotrophic lateral sclerosis. *Brain* 123:125–140
2. Fanucci A, Cerro P, Diotallevi P et al (1991) Dynamic study of oropharyngeal deglutition. *Radiol Med* 81:276–285
3. Kühnlein P, Gdynia HJ, Sperfeld AD et al; Medscape (2008) Diagnosis and treatment of bulbar symptoms in amyotrophic lateral sclerosis. *Nat Clin Pract Neurol* 4:366–374
4. Rocha JA, Reis C, Simões F et al (2005) Diagnostic investigation and multidisciplinary management in motor neuron disease. *J Neurol* 252:1435–1447
5. Barbiera F, Condello S, De Palo A et al (2006) Role of videofluorography swallow study in management of dysphagia in neurologically compromised patients. *Radiol Med* 111:818–827
6. Thibodeaux LS, Gutierrez A (2008) Management of symptoms in amyotrophic lateral sclerosis. *Curr Treat Options Neurol* 10:77–85
7. Cappabianca S, Reginelli A, Monaco L et al (2008) Combined videofluoroscopy and manometry in the diagnosis of oropharyngeal dysphagia: examination technique and preliminary experience. *Radiol Med* 113:923–940
8. Gates J, Hartnell GG, Gramigna GD (2006) Videofluoroscopy and swallowing studies for neurologic disease: a primer. *Radiographics* 26:e22
9. Lo Re G, Galia M, La Grutta L et al (2007) Digital cineradiographic study of swallowing in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Radiol Med* 112:1173–1187
10. Ekberg O, Pokieser P (1997) Radiologic evaluation of the dysphagic patient. *Eur Radiol* 7:1285–1295
11. Dodds WJ, Stewart ET, Logemann JA (1990) Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing. *AJR Am J Roentgenol* 154:953–963
12. Shawker TH, Sonies B, Stone M, Baum BJ (1983) Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J Clin Ultrasound* 11:485–490
13. Watkin KL (1999) Ultrasound and swallowing. *Folia Phoniatr Logop* 51:183–198
14. Cerro P, Diotallevi P, Fanucci E et al (1990) Echography of the oral phase of deglutition. *Radiol Med* 79:59–64
15. Fanucci A, Cerro P, Ietto F et al (1994) Physiology of oral swallowing studied by ultrasonography. *Dentomaxillofac Radiol Med* 23:221–225
16. Fanucci A, Cerro P, Diotallevi P et al (1992) The echographic visualization of the lingual bolus. The reference point in a study of dysphagia. *Radiol Med* 83:74–75
17. Casas MJ, Seo AH, Kenny DJ (2002) Sonographic examination of the oral phase of swallowing: bolus image enhancement. *J Clin Ultrasound* 30:83–87
18. Smoker WR, Reede DL (2008) Denervation atrophy of motor cranial nerves. *Neuroimaging Clin N Am* 18:387–411