

Combined videofluoroscopy and manometry in the diagnosis of oropharyngeal dysphagia: examination technique and preliminary experience

La videofluoromanometria nella diagnosi di disfagia orofaringea: tecnica d'esame e nostra esperienza preliminare

S. Cappabianca¹ • A. Reginelli² • L. Monaco³ • L. Del Vecchio² • N. Di Martino³ • R. Grassi²

¹Associated Professor of Radiology, Section of Radiology, Department “Magrassi-Lanzara”, Second University of Naples, Via Amendola 8, 81055 Santa Maria Capua Vetere, Caserta, Italy

²Section of Radiology, ³Section of Gastrointestinal surgery, Department “Magrassi-Lanzara”, Second University of Naples, Caserta, Italy

Correspondence to: S. Cappabianca, Tel.: +39-081-5665200, Fax: +39-081-5665202, e-mail: salvatore.cappabianca@unina2.it

Received: 20 July 2007 / Accepted: 26 December 2007 / Published online: 24 July 2008

© Springer-Verlag 2008

Abstract

Purpose. Dysphagia is a symptom of different pathological conditions characterised by alteration of the swallowing mechanism, which may manifest at different levels. We report our experience in the evaluation of the swallowing mechanism with combined videofluoroscopy and manometric recordings.

Materials and methods. For the combined study, we used a Dyno Compact computerised system (Menfis Biomedical s.r.l., Bologna, Italy) equipped with: (1) graphics card for the management of ultrasonographic or radiological images; (2) A.VI.U.S. dedicated software package, which enables digital-quality recording (PAL/NTSC, composite video or S-Video) of the videofluoroscopy study in AVI format with 320×240 resolution and 25 Hz acquisition frequency. The delay introduced by the process of image digitalisation is in the order of 200 ms, so for analysis purposes, the images can be considered synchronised with the manometric recordings. The videomanometry study was performed with the administration of contrast material either in bolus form or diluted. Data were collected on a specifically designed grid for the evaluation of 46 videofluoroscopic items, of which 34 are derived from the laterolateral view (seven in the oral preparatory phase, 15 in the oral transport phase and 12 in the pharyngeal phase) and 12 in the anteroposterior view (six in the oral preparatory phase and six in the oropharyngeal phase). A positive finding for the individual parameters is expressed in a binary fashion. Manometric evaluation was based on 11 items divided into four major and seven minor criteria.

Riassunto

Obiettivo. La disfagia è un sintomo sotteso da differenti quadri patologici, in cui si verifica un'alterazione del meccanismo deglutitorio, che può estrinsecarsi a vari livelli. Gli autori riportano la loro esperienza nella valutazione del meccanismo della deglutizione mediante l'integrazione diagnostica combinata manometrica e videofluoroscopica.

Materiali e metodi. Per lo studio combinato è stato impiegato il sistema computerizzato “Dyno Compact” (Menfis Biomedical s.r.l., Bologna, Italia) dotato di: 1) scheda grafica per la gestione di immagini ecografiche o radiografiche; 2) A.VI.U.S. software dedicato, attraverso il quale è possibile registrare in qualità digitale (PAL/NTSC, video composito o S-Video) la videofluoroscopia, 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, quindi, ai fini dell'analisi, l'immagine si può considerare sincronizzata con i tracciati pressori. Lo studio VFS è stato effettuato mediante somministrazione di boli adeguati di mezzo di contrasto opportunamente diluito. I dati vengono raccolti su una griglia precostituita per la valutazione di 46 items videofluoroscopici, di cui 34 derivano dallo studio in proiezione latero-laterale (7 in fase buccale, 15 in fase orale e 12 in fase faringea) e 12 dallo studio in proiezione antero-posteriore (6 in fase buccale e 6 in fase orofaringea); la positività ai singoli parametri è espressa in maniera binaria. La valutazione pressoria si basa su 11

Results. Dynamic videofluoroscopy swallow study combined with concurrent manometry enabled the simultaneous recording of anatomical alterations and the functional data of oropharyngeal pressure, thus providing a picture of the anatomical, biomechanical and physiological conditions of swallowing and the manner of bolus propulsion and transit.

Conclusions. An early and effective diagnosis of oropharyngeal dysphagia means being able to effectively implement appropriate rehabilitation techniques, improve the patient's quality of life, and minimise the complications associated with swallowing disorders (choking, aspiration pneumonia, malnourishment). Distinction of the anatomical level of dysphagia is not a matter of simple classification; rather, it is essential in that different clinical presentations require different diagnostic strategies, and a precise definition of the anatomical–functional substrate is required to implement the correct therapeutic approach. This study presents the authors' experience with the use of combined videofluoroscopy and manometry with particular emphasis on the examination technique.

Keywords Pharynx · Videofluoromanometry · Dysphagia

items manometrici, a loro volta divisi in 4 criteri maggiori e 7 minori

Risultati. La valutazione fluoroscopica dinamica della deglutizione con registrazione video abbinata alla manometria simultanea, ha permesso di registrare contemporaneamente le alterazioni anatomiche correlandole al dato funzionale della pressione orofaringea, consentendo durante la medesima registrazione di valutare la situazione anatomica, biomeccanica e fisiologica della deglutizione e le modalità di propulsione e transito del bolo.

Conclusioni. Fare precocemente una buona diagnosi di disfagia orofaringea significa poter intervenire efficacemente con tecniche riabilitative logopediche, migliorare la qualità di vita del paziente, nonché ridurre al minimo le complicanze che questa comporta (soffocamento, polmonite ab ingestis, malnutrizione). La differenziazione del livello anatomico della disfagia non riveste una semplice categorizzazione, ma è indispensabile in quanto alla diversità di presentazione clinica corrisponde un differente approccio metodologico diagnostico, ed a una precisa definizione del substrato anatomo-funzionale responsabile del sintomo, corrisponde un diverso approccio terapeutico. Gli autori con il presente contributo presentano la loro esperienza nell'impiego della videofluoromanometria ed in particolare la metodologia di conduzione dell'esame.

Parole chiave Faringe · Videofluoromanometria · Disfagia

Introduction

Swallowing is a complex physiological mechanism during which the food bolus passes from the mouth to the digestive tract via the pharynx [1–5]. Swallowing is generally divided into three phases: the oral phase is voluntary, whereas the pharyngeal and oesophageal phases are involuntary [2].

Dysphagia is a symptom of different pathological conditions characterised by alteration of the swallowing mechanism, which can occur at different levels. It is classified according to the level at which the functional alteration occurs: oropharyngeal and oesophageal dysphagia (Table 1) [6]. Differentiation of the level at which dysphagia occurs is not simply a matter of classification; rather, it is essential in that the different clinical presentations require different diagnostic approaches. Therefore, the precise definition of the anatomical–functional substrate responsible for the symptom influences the therapeutic approach. Clinically, patients affected by oropharyngeal dysphagia present symptoms characterised by difficulty in the initial phase of swallowing, such as cough, sense of choking associated with aspiration of food into the airways, nasal regurgitation and sialor-

Introduzione

La deglutizione è un meccanismo fisiologico complesso durante il quale il bolo alimentare transita dalla bocca al canale digestivo attraverso la via aero-digestiva superiore ed in particolare attraverso il faringe [1–5]. La deglutizione viene generalmente distinta in tre fasi, delle quali la fase orale è sottoposta al controllo volontario, mentre le fasi faringea ed esofagea sono involontarie [2].

La disfagia è un sintomo sotteso da differenti quadri patologici, in cui si verifica un'alterazione del meccanismo deglutitorio, che può estrinsecarsi a vari livelli. I quadri disfagici vengono catalogati in relazione al livello in cui si verifica l'alterazione funzionale, così da distinguere disfagie orofaringee e disfagie faringo-esofagee (Tabella 1) [6]. La differenziazione del livello anatomico della disfagia non riveste una semplice categorizzazione, ma è indispensabile in quanto alla diversità di presentazione clinica corrisponde un differente approccio metodologico diagnostico, ed a una precisa definizione del substrato anatomo-funzionale responsabile del sintomo, corrisponde un diverso approccio terapeutico. I pazienti affetti da disfagia orofaringea si pre-

rhoea. In contrast, when the anatomical-functional problem is located more distally – pharyngeal-oesophageal dysphagia – the patient experiences difficulty in the late swallowing phase with the sensation of food sticking in the lower part of the pharynx or chest, retrosternal pain, odynophagia and pyrosis.

The correct diagnosis of dysphagia and its aetiopathogenetic features requires a multidisciplinary approach involving the radiologist, gastroenterologist, speech therapist and, in particularly complex cases, the neurologist, ear, nose and throat specialist, geriatrician or paediatrician. In addition to a thorough patient history, the diagnostic workup requires an accurate physical examination involving evaluation of the motor and sensory functions of the mouth and oral cavity and deep reflexes of the cranial nerves; inspection and two-handed palpation of the mouth floor, tongue and neck region; and assessment of the movements of the thyroid cartilage during swallowing [7, 8].

Various instruments providing both a morphological and functional study are used for diagnosing dysphagia. These include videofluoroscopy, videoendoscopy, ultrasonography, manometry and electromyography. Combined studies enabling simultaneous morphological and functional assessment, such as videofluoroscopy combined with manometry, have taken on an increasingly front-line role in the diagnosis of dysphagia, particularly in patients with underlying neurological disorders. Whereas the information obtained from the clinical assessment is used to guide the choice of treatment and rehabilitation – dietary adjustments as well as direct and indirect speech therapy techniques – instrumental investigation is required for confirmation and follow-up [8].

Our study reports the authors' preliminary experience with combined videofluoroscopy and manometry, with particular emphasis on the examination technique.

Materials and methods

From January 2006 to March 2007, 109 consecutive patients (57 men, 52 women; age range 18–76 years) with clinically suspected oropharyngeal dysphagia (Fig. 1) were examined at our centre. Two additional patients were excluded from the study due to poor patient compliance and inability to place the manometry catheter. The mean examination time, including catheter placement, image acquisition and compensatory manoeuvres, was 25 min. All patients, even those with neurological disease, were able to breathe, speak and swallow autonomously, and none suffered from neurological deficit to the point of undermining compliance.

The diagnostic team included a radiologist with experience in videofluoroscopy, a gastrointestinal surgeon with a good understanding of manometry and its application to the

sentano all'osservazione clinica con sintomi caratterizzati da difficoltà nella fase iniziale della deglutizione, tosse, senso di soffocamento legato alla aspirazione di materiale alimentare nelle vie aeree, rigurgito nasale e scialorrea. Quando invece il problema anatomo-funzionale si localizza in sedi più distali, disfagia faringo-esofagea, il paziente avverte difficoltà nella fase terminale della deglutizione con sensazione di cibo arrestato nella parte bassa del faringe o nel torace, dolore retrosternale, odinofagia, pirosi.

Il corretto inquadramento diagnostico della disfagia e dei rispettivi aspetti eziopatogenetici necessita di un approccio multidisciplinare in cui è indispensabile una stretta sinergia tra radiologo, gastroenterologo, logopedista, e, in casi particolarmente complessi, neurologo, otorinolaringoiatra, geriatra o pediatra. L'iter clinico-diagnostico richiede un'attenta anamnesi del paziente, un corretto esame obiettivo che comprenda anche la valutazione delle funzioni motorie e sensitive della bocca e del cavo orale, dei riflessi profondi dei nervi cranici, osservazione e palpazione bimanuale del pavimento della bocca, della lingua, della regione del collo e dei movimenti dello scudo cartilagineo tiroideo durante gli atti deglutitori [7, 8].

La diagnostica strumentale della disfagia si avvale di differenti tecniche di studio sia di tipo morfologico che funzionale tra cui si annoverano la videofluoroscopia, la videoendoscopia, l'ultrasonografia, la manometria e l'elettromiografia. Di recente le indagini combinate, che consentano nel medesimo tempo valutazioni di tipo morfologico e funzionale, quali la videofluoromanometria (VFM) assumono sempre più un ruolo di primo piano nell'inquadramento del paziente disfagico e in particolar modo di quelli per cause neurologiche. Tutto ciò in virtù del fatto che le informazioni ottenute dalla valutazione clinica costituiscono la guida alle scelte terapeutiche rieducative -adattamenti dietetici e tecniche riabilitative logopediche dirette e indirette- ma necessitano di verifica attenta e nel tempo tramite indagini di tipo strumentale [8].

Gli autori con il presente contributo presentano la loro esperienza preliminare nell'impiego della videofluoromanometria ed in particolare la metodologia di conduzione dell'esame ai fini del successivo outcomes del paziente.

Materiali e metodi

Da gennaio 2006 a marzo 2007 sono giunti alla nostra osservazione 109 pazienti consecutivi con sospetta diagnosi clinica di disfagia orofaringea (Fig. 1). I pazienti, 57 maschi e 52 femmine, presentavano età compresa tra i 18 e i 76 anni. In realtà il numero di pazienti era superiore di due unità nelle quali non è stato possibile eseguire l'esame videofluoromanometrico per impossibilità al posizionamento del sondino dovuta alla scarsa collaborazione dei pazienti. Il tempo me-

Table 1 Causes of dysphagia

Oropharyngeal dysphagia	Esophageal dysphagia
<p>Neuromuscular diseases</p> <p>Diseases of the central nervous system:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cerebrovascular accident • Parkinson's disease • Brain-stem tumours • Degenerative diseases • Amyotrophic lateral sclerosis • Multiple sclerosis • Huntington's disease • Postinfectious • Poliomyelitis • Syphilis • Peripheral nervous system • Peripheral neuropathy • Motor end-plate dysfunction • Myasthenia gravis • Skeletal muscle disease (myopathies) • Polymyositis • Dermatomyositis • Muscular dystrophy (myotonic dystrophy, oculopharyngeal dystrophy) • Cricopharyngeal (upper oesophageal sphincter), achalasia <p>Obstructive lesions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tumours • Inflammatory masses • Trauma/surgical resection • Zenker's diverticulum • Oesophageal webs • Extrinsic structural lesions • Anterior mediastinal masses • Cervical spondylosis 	<p>Neuromuscular disorders</p> <p>Achalasia</p> <p>Spastic motor disorders:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffuse oesophageal spasm • Hypertensive lower oesophageal sphincter • Nutcracker oesophagus <p>Scleroderma</p> <p>Obstructive lesions</p> <p>Intrinsic structural lesions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tumours • Strictures • Peptic • Radiation-induced • Chemical-induced • Medication-induced • Lower oesophageal rings (Schatzkis' ring) • Oesophageal webs • Foreign bodies <p>Extrinsic structural lesions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vascular compression • Enlarged aorta or left atrium • Aberrant vessels • Mediastinal masses • Lymphadenopathy • Substernal thyroid

study of the pharynx and a speech therapist. Training required to gain sufficient familiarity with the instrumentation was estimated at about eight to ten procedures under the guidance of sufficiently expert personnel.

The role of the speech therapist in the diagnostic workup of dysphagia is divided into three phases:

1. He/she greets the patient and obtains the medical and swallowing history. Patients arriving at our centre may be affected by dysphagia with known cause or with swallowing disorders that have not been clearly diagnosed. The patients can be divided into four groups: 1) those with dysphagia secondary to neurological disorders; 2) those with dysphagia following surgery to the upper airways-digestive tract; 3) those with oesophageal dysphagia; 4) those with idiopathic dysphagia. Before the combined videofluoroscopy and manometry study, the speech therapist informs the radiologist of the factors triggering the disorder in the patient, with particular regard to the type of bolus (solid, liquid or both) and its

dio di presenza del paziente in diagnostica, comprensivo del posizionamento del sondino-esecuzione esame-manovre di compenso, è stato calcolato pari a circa 25 min. Tutti i pazienti reclutati, ancorché portatori di patologie neurologiche erano autonomi dal punto di vista respiratorio, fonatorio e deglutitorio e nessuno di essi aveva turbe della coscienza tali da pregiudicare la compliance del paziente.

Il gruppo di studio prevede un radiologo con esperienza nella valutazione videofluoroscopica della deglutizione, uno specialista in chirurgia dell'apparato digerente con buona conoscenza della tecnica manometrica e della sua applicazione allo studio del faringe e un logopedista. Il training per acquisire la corretta manualità, anche ai fini di garantire una non precoce usura dello strumentario, può essere stimabile in circa 8–10 procedure sotto la guida di personale già sufficientemente esperto.

Il reale ruolo che il logopedista svolge nel iter diagnostico della disfagia si articola in tre fasi:

1. *Accoglie il paziente che giunge alla nostra osservazione*

Tabella 1 Cause di disfagia

<i>Disfagia orofaringea</i>	<i>Disfagia esofagea</i>
<p>Malattia neuromuscolare <i>Malattie del sistema nervosa centrale</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Incidente cerebrovascolare • Morbo di Parkinson • Tumori cerebrali • Malattie degenerative • Sclerosi laterale amiotrofica • Sclerosi multipla • Malattia di Huntington • Post-infezioni • Poliomielite • Sifilide • Sistema nervosa periferico • Neuropatia periferica • Disfunzione delle placche motorie • Miastenia grave • Malattia del muscolo scheletrico (miopatie) • Polimiosite • Dermatomiostite • Distrofia muscolare (distrofia miotonica, distrofia oculofaringea) • Acalasia cricofaringea (sfintere dell'esofago superiore) <p>Lesioni ostruttive</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tumori • Masse infiammatorie • Traumi/resezioni chirurgiche • Diverticolo di Zenker • Reti esofagee • Lesioni estrinseche strutturali • Masse mediastiniche anteriori • Spondilosi cervicale 	<p>Disordini neuromuscolari</p> <p>Acalasia</p> <p><i>Disordini spastici motori</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spasmo esofageo diffuso • Sfintere esofageo inferiore iperteso • Esofago a schiaccianoci <p>Scleroderma</p> <p>Lesioni ostruttive</p> <p><i>Lesioni intrinseche strutturali</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tumori • Restringimenti • Peptica • Indotta da radiazioni • Indotta da sostanze chimiche • Indotta da interventi medici • Anelli dell'esofago inferiore (anelli di Schatzki) • Reti esofagee • Corpi estranei <p>Lesioni estrinseche strutturali</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compressione vascolare • Espansione dell'aorta o dell'atrio sinistro • Vasi aberranti • Masse mediastiniche • Linfadenopatie • Tiroide sottosternale

size, as well as the presence or absence of the cough reflex and voluntary coughing. The radiological study is therefore tailored to the different types of dysphagia, with the main aim being to immediately qualify and quantify the swallowing disorder and minimise examination times and radiation exposure

- In the next diagnostic phase of the videofluoroscopy and manometry swallow study, the operators, after having induced and studied the swallowing disorder, search for elements capable of guiding dietary interventions and speech therapy rehabilitation. In particular, the possibility of correcting the dysfunction is investigated by evaluating the ideal bolus size and monitoring the effectiveness of compensatory techniques and voluntary coughing
- At the end of the radiological study, the speech therapist gives the patient instructions regarding type and consistency of foods the patient may safely eat and, where necessary, indications regarding posture and compensatory mechanisms. In addition, indications are given regarding hygiene and the behaviour to adopt during meals to minimise discomfort caused by the swallowing disorder

compilando la cartella clinica logopedica. Nella nostra esperienza giungono in osservazione pazienti affetti da disfagia da causa certa e pazienti con disturbi della deglutizione non chiaramente diagnosticati. In particolare vengono distinti in quattro gruppi: 1) pazienti con disfagia secondaria a patologia di interesse neurologico; 2) pazienti con disfagia post esiti chirurgici delle vie aereo-digestive superiori; 3) pazienti con disfagia esofagea; 4) pazienti affetti da disfagia essenziale. Prima di effettuare l'esame VFM il logopedista informa il radiologo riguardo le circostanze che scatenano il disturbo nel soggetto, in particolare per quale tipologia di bolo (solido, liquido o entrambi) e per quali dimensioni, e sulla presenza/assenza del riflesso tussigeno e del colpo di tosse volontario. La metodologia di esecuzione dello studio radiologico viene adattata quindi alle differenti tipologie di disfagia, avendo come principali obiettivi l'immediata qualificazione e quantificazione del deficit e la riduzione dei tempi di esecuzione dell'indagine e quindi di esposizione alle radiazioni ionizzanti.

- La metodica di studio VFM della deglutizione prevede

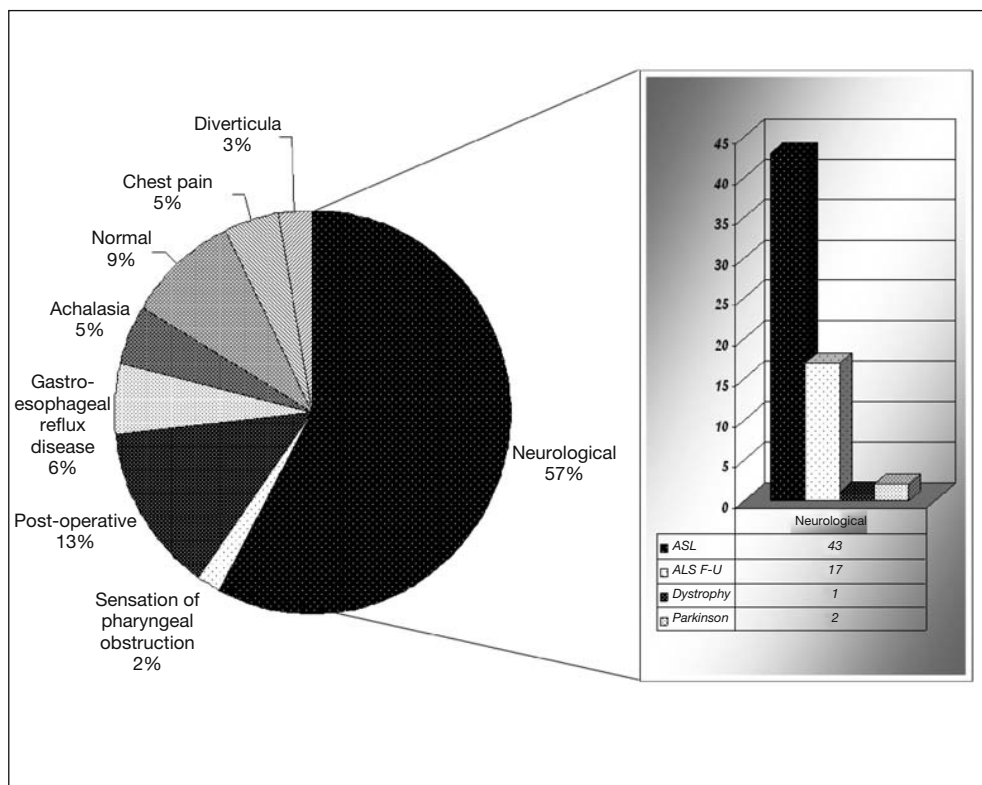


Fig. 1 Study population: January 2006–March 2007 (109 patients).

Fig. 1. Casistica personale: gennaio 2006–marzo 2007 (109 pazienti).

ASL, Amyotrophic Lateral Sclerosis; ALS F-U, Amyotrophic Lateral Sclerosis Follow Up

- Speech therapy follow-up is recommended to monitor the effect of the rehabilitation.

Data acquisition

The combined swallow study involves videofluoroscopy and the simultaneous recording of the manometric trace. For the combined study, we used a Dyno Compact computerised system (Menfis Biomedical s.r.l., Bologna, Italy) equipped with: (1) graphics card for the management of ultrasonographic or radiological images; (2) A.V.I.U.S. dedicated software, which enables the digital-quality recording (PAL/NTSC, composite video or S-Video) of videofluoroscopic images in AVI format with 320×240 resolution and 25 Hz acquisition frequency. The delay introduced by the process of image digitalisation is in the order of 200 ms, so for analysis purposes, the images can be considered synchronised with the manometric recordings. During data acquisition, the video images are visualised on the workstation screen in real time. The manometric traces can be visualised either superimposed on the video images to maximise resolution or alongside the video images with a minimal loss in resolution. With the images alongside the manometric recordings, a cursor indicates the exact correspondence between the video images and the traces. Once the data have been acquired, data analysis is performed either in real time

poi un secondo momento, di indirizzo diagnostico, in cui gli operatori, dopo aver indotto e studiato il disturbo disfagico, procedono alla ricerca degli elementi necessari ad indirizzare il successivo intervento dietetico e riabilitativo logopedico. In particolare viene indagata la possibilità di correzione delle manifestazioni disfunzionali valutando la giusta quantità di bolo e controllando l'efficacia delle tecniche compensatorie ipotizzate in precedenza e del colpo di tosse volontario.

- Al termine dello studio radiologico il logopedista fornisce al paziente indicazioni relative alla tipologia e consistenza degli alimenti permessi e alle eventuali posture e tecniche compensatorie da impiegare. Vengono, inoltre, fornite norme di igiene e suggerimenti comportamentali da adottare durante i pasti per ridurre i disagi del disturbo disfagico.
- Infine viene consigliato un follow-up logopedico per il monitoraggio degli effetti della terapia riabilitativa.

Acquisizione dei dati

La videofluoromanometria prevede l'esecuzione contemporanea della videofluoroscopia con la simultanea registrazione di un tracciato manometrico. Per lo studio combinato è stato impiegato il sistema computerizzato "Dyno Compact" (MENFIS bioMEDICA s.r.l., Bologna, Italia) dotato di: 1. scheda grafi-

or at reduced or increased speed, and the images can also be paused for a frame-by-frame analysis (Figs. 2, 3).

Videofluoroscopy begins with a baseline evaluation (without contrast material) to study the motility of the vocal chords and soft palate). Our study was conducted with the use of prevalently liquid barium contrast material (a single package of Prontobarrio HD, Bracco S.p.A., Milan, diluted in 65 cc of water). Examinations were performed with the patient standing or, if unable to maintain this position, seated. The technique involved the administration of a bolus of contrast material in a quantity optimised for the patient's performance status, between 5 and 10 cc, with the aim of simulating normal swallowing as closely as possible. This was made possible by previous evaluation by the speech therapist. Patients were asked to hold the bolus for several seconds in their mouth and to swallow at the operator's instructions. All phases of the process were videorecorded first in the anteroposterior and then in the laterolateral view.

Concurrent pressure measurements were performed with a manometry catheter with endoluminal four-channel solid-state microtransducers 5 cm apart and with an angle of 120°–90°. The catheter was inserted through the nasal cavity into the stomach where the value recorded was used for the calibration of 0. Afterwards, a pull through was performed, with the catheter being withdrawn to allow positioning of the transducers:

1. In the cervical oesophagus, 4 cm below the inferior margin of the upper oesophageal sphincter (UOS), or at the level of the Passavant's ridge to evaluate the correct closure of the rhinopharynx during swallowing and phonation
2. In the UOS, with an evaluation of the correct placement with the appearance of the characteristic M-wave (Fig. 2), confirmed also at videofluoroscopy
3. At the level of the proximal hypopharynx
4. At the level of the distal hypopharynx.

Data analysis

Results of the videofluoroscopic and manometric examinations were first evaluated and reported separately by the radiologist and surgeon. Subsequently, a joint consensus report was compiled by stratifying and organising the information collected with each procedure. To standardise the evaluation and enhance repeatability and comparability of data obtained by different diagnostic teams, data were entered into a specifically designed grid covering the evaluation of 46 videofluoroscopy items, of which 34 are derived from the laterolateral view (seven in the oral preparatory phase, 15 in the oral transport phase and 12 in the pharyngeal phase) and 12 from the anteroposterior view (six in the oral preparatory phase and six in the oropharyngeal phase).

ca per la gestione di immagini ecografiche o radiografiche; 2. A.VI.U.S. software dedicato, attraverso il quale è possibile registrare in qualità digitale (PAL/NTSC, video composito o S-video) la videofluoroscopia, 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, quindi, ai fini dell'analisi, l'immagine si può considerare sincronizzata con i tracciati pressori. In corso di analisi il video viene visualizzato sullo schermo PC in tempo reale durante l'acquisizione dell'esame; i tracciati manometrici possono essere visualizzati sovrapposti ad esso, in modo da sfruttare la massima risoluzione, oppure affiancati al video, con minima perdita di risoluzione. Nella fase di acquisizione dei dati i filmati sono riprodotti a fianco dei tracciati ed un cursore che scorre su di essi mostra l'esatta corrispondenza tra il filmato ed i tracciati. Una volta acquisito lo studio, l'analisi può essere effettuata o in riproduzione "tempo reale" o con a velocità ridotta o aumentata; è inoltre possibile l'analisi frame per frame mediante messa in pausa degli specifici frames di interesse (Figg. 2, 3).

L'esame videofluoroscopico inizia con una valutazione di base (senza mezzo di contrasto) per lo studio della motilità delle corde vocali e la motilità del palato molle). Per l'indagine videofluoroscopica è stato utilizzato mezzo di contrasto baritato prevalentemente allo stato liquido (una confezione di Prontobarrio HD, Bracco S.p.A., Milano, diluita in 65 cc di acqua), con paziente in ortostatismo, salvo i casi in cui la compromissione della funzione statica dei pazienti ha reso necessaria l'acquisizione dell'esame in posizione seduta. La tecnica prevede la somministrazione di boli di MdC in quantità ottimizzate in relazione al performance status del paziente, comprese tra 5 e 10 cc, con lo scopo di rendere l'indagine il più simile possibile alla deglutizione normale. Tutto ciò è possibile attraverso la precedente valutazione logopedica. Il paziente viene invitato a trattenere in bocca il bolo per qualche secondo e poi, al comando dell'operatore, a deglutire. Tutte le fasi del processo vengono documentate con la videoregistrazione dapprima in proiezione antero-posteriore e poi in latero-laterale.

La contemporanea valutazione pressoria viene effettuata mediante il posizionamento di un sondino manometrico con microtrasduttori endoluminali allo stato solido con 4 canali, distanziati 5 cm. l'uno dall'altro e con un angolo di 120°–90°. Il sondino viene introdotto attraverso le cavità nasali fin nello stomaco dove il valore registrato è utilizzato per la taratura dello 0. Successivamente viene eseguito un pull-through ritirando il sondino fino a posizionare i trasduttori rispettivamente:

1. *Nell'esofago cervicale, 4 cm al di sotto del margine inferiore dello sfintere esofageo superiore, o a livello del cuscinetto del Passavant per la valutazione della corretta chiusura del rinofaringe durante la deglutizione e la fonazione.*

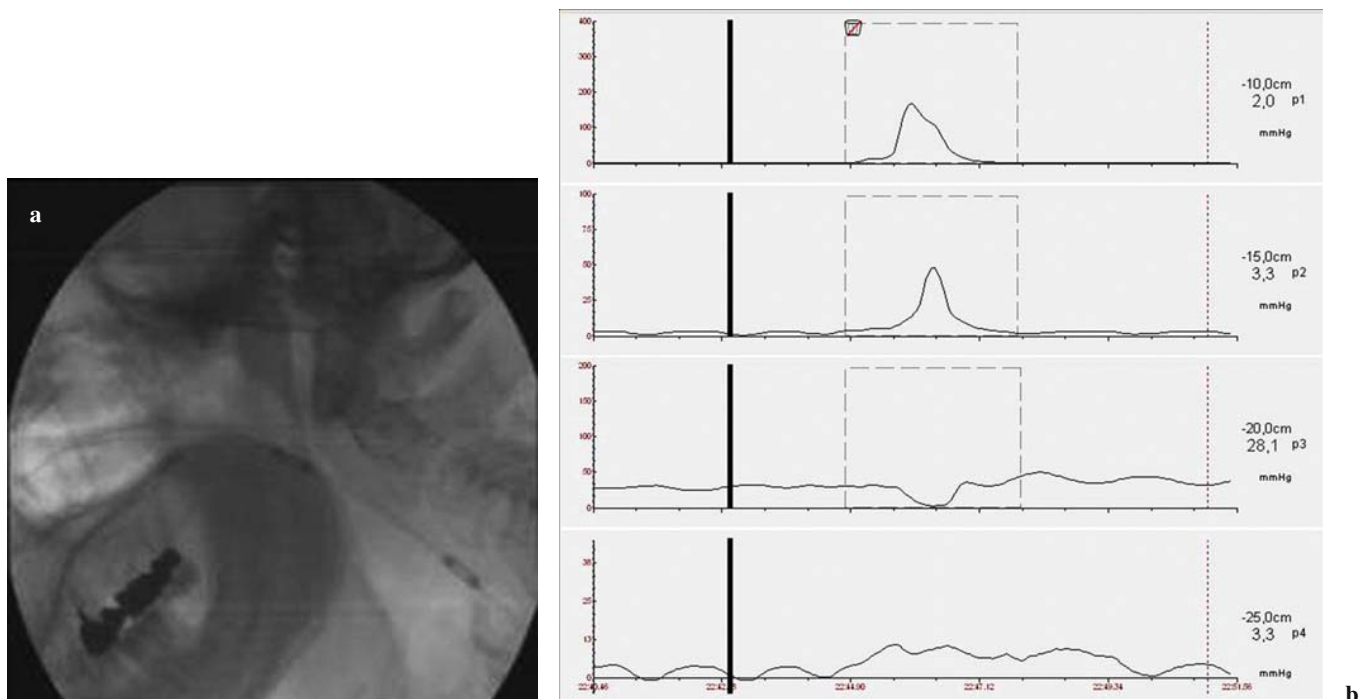


Fig. 2a,b Example of combined videofluoroscopy and manometry study: during image acquisition the two different recordings can be visualised simultaneously. The videofluoroscopy image (a) is of good quality; the manometric recording (b) shows a marker (vertical bar) that correlates the acquired image with the manometric recording.

Fig. 2a,b Esempio di visualizzazione dell'esame videofluoromanometrico (VFM): durante l'acquisizione delle immagini è possibile visualizzare in contemporanea le due differenti rilevazioni sovrapposte. L'immagine videofluoroscopica (a) ha una buona qualità; il tracciato manometrico (b) presenta un marker (barra verticale) che correla la rilevazione per immagini con il tracciato manometrico.

Positive findings for the individual parameters are expressed in a binary fashion. The 46 items were divided into nine major and 37 minor items. A positive finding in one of the major criteria defines the patient as dysphagic, whereas in the absence of major criteria, at least six minor criteria are required for the diagnosis of dysphagia (Tables 2–4).

Evaluation of the manometric recordings was based on 11 items, which were divided into four major and seven minor criteria (Tables 5, 6). This type of check list arises from the need for an interdisciplinary approach between the referring specialist and the various operators so as to find a shared and consistent language for diagnosis and follow-up. The distinction between major and minor criteria was extrapolated from a retrospective review of our team's experience, which took into account the different capabilities of the speech-therapy evaluation, the clinical-neurological evaluation and the videofluoroscopy-manometry findings in determining dysphagia severity. The videofluoroscopy findings were also used to assess whether swallowing could be successfully performed regardless of position or whether the patient needed to adopt specific positions of the head and neck to swallow without subjectively identifiable complications.

2. Nello sfintere esofageo superiore, valutandone il corretto posizionamento alla comparsa della caratteristica "M" sfinteriale confermato anche dal riscontro videofluoroscopico.
3. A livello dell'ipofaringe prossimale.
4. A livello dell'ipofaringe distale.

Valutazione dei reperti

L'analisi dei reperti così ottenuti è stata possibile con la reffertazione disgiunta delle immagini, radiografiche da parte del radiologo e di quelle manometriche da parte del chirurgo, e successivamente si è provveduto alla stesura di una valutazione in consenso, stratificando ed organizzando i dati rilevati in ciascuna procedura considerata. Al fine di una valutazione standardizzata e per una maggiore riproducibilità e comparabilità dei dati ottenuti da eventuali differenti équipe di lavoro, questi vengono raccolti su una griglia pre-costituita per la valutazione di 46 items videofluoroscopici, di cui 34 derivano dallo studio in proiezione latero-laterale (7 in fase buccale, 15 in fase orale e 12 in fase faringea) e 12 dallo studio in proiezione antero-posteriore (6 in fase buccale e 6 in fase orofaringea); la positività ai singoli pa-

Table 2 Major videofluoroscopic indicators in the laterolateral view

Oral preparatory phase	Oral transport phase	Pharyngeal phase
Unable to contain food in mouth	Inadequate convergence of aspiration during swallowing	Passavant's ridge
Preswallowing aspiration	Disorder of lingual peristalsis	Penetration without aspiration in the laryngeal aditus
	Preswallowing aspiration	Postswallowing aspiration
		Reduced laryngeal closure

Tabella 2 Indicatori maggiori videofluorografici in proiezione latero-laterale

Fase buccale	Fase orale	Fase faringea
Non può tenere il bolo	Mancato accollamento cuscino del Passavant	Aspirazione pre-deglutitoria
Aspirazione pre-deglutitoria	Disturbo della peristalsi linguale	Penetrazione senza aspirazione in aditus laringeo
	Aspirazione pre-deglutitoria	Aspirazione post-deglutizione
		Ridotta chiusura laringea

Table 3 Minor videofluoroscopic indicators in the laterolateral view

Oral preparatory phase	Oral transport phase	Pharyngeal phase
Unable to contain food in mouth	Anterior movement of the tongue to initiate swallowing	Inadequate velar elevation
Unable to form a bolus	Stasis in the anterior groove	Massive fall of bolus below the tongue base Pseudoepiglottis Protrusion of cervical vertebra Postswallowing pharyngeal coating Coating in depression on pharyngeal wall (Zenker's diverticulum) Reduced laryngeal elevation Stasis in both pyriform sinuses
Food lodges in the anterior groove	Stasis in the lateral groove	
Food lodges in the lateral groove	Stasis on the mouth floor	
Anomalous position of holding food	Stasis on the tongue	
	Stasis in the mid-tongue depression	
	Repeated rolling of the tongue	
	Incomplete tongue-palate contact	
	Stasis on the hard palate	
	Reduced anterior-posterior lingual motility	
	Lack of bolus control	
	Piecemeal swallowing	

Tabella 3 Indicatori minori videofluorografici in proiezione latero-laterale

Fase buccale	Fase orale	Fase faringea
Non può tenere il cibo in bocca	Movimenti anteriori della lingua per iniziare deglutizione	Elevazione velare inadeguata
Non può formare il bolo	Stasi nel solco anteriore	Caduta massiva al basi-lingua Pseudo-epiglottide Protrusione vertebre cervicali Verniciatura faringea post-deglutizione Verniciatura di depressione parete faringea (tasca faringea) Ridotta elevazione laringea Residuo in ambo i seni piriformi
Cibo cade nel solco anteriore	Stasi nel solco laterale	
Cibo cade nel solco laterale	Stasi sul pavimento buccale	
Posizione anomala di tenuta del cibo	Stasi sulla lingua	
	Stasi sulla depressione medio-linguale	
	Rotolamento linguale ripetuto	
	Contatto lingua-palato incompleto	
	Stasi sul palato duro	
	Movimento linguale anteriore-posteriore ridotto	
	Non controllo del bolo	
	Deglutizione frammentata	

Table 4 Minor videofluoroscopic indicators in the anteroposterior view

Oral preparatory phase	Oropharyngeal phase
Inability to align teeth	Unilateral stasis in left vallecula
Inability to lateralise food	Unilateral stasis in right vallecula
Inability to mix food	Reduced medial laryngeal motility
Food lodges in lateral groove	Different height of the vocal chords
Food falls on the floor of the mouth	Unilateral stasis in left pyriform sinus
Reduced tongue conformation for holding food	Unilateral stasis in right pyriform sinus

Tabella 4 Indicatori minori videofluorografici in proiezione antero-posteriore

Fase buccale	Fase orofaringea
<i>Incapacità allineare denti</i>	<i>Residuo vallecola unilaterale sinistro</i>
<i>Incapacità lateralizzare cibo</i>	<i>Residuo vallecola unilaterale destro</i>
<i>Incapacità mescolare cibo</i>	<i>Ridotto movimento laringeo mediale</i>
<i>Caduta del cibo in solco laterale</i>	<i>Diversa altezza delle corde vocali</i>
<i>Caduta del cibo sul pavimento buccale</i>	<i>Residuo in un seno piriforme unilaterale sinistro</i>
<i>Ridotta conformazione linguale per tenere il cibo</i>	<i>Residuo in un seno piriforme unilaterale destro</i>

Table 5 Major manometric indicators

Proximal pharyngeal pressure in mmHg
Distal pharyngeal pressure in mmHg
Relaxation
Coordination

Tabella 5 Indicatori manometrici maggiori

<i>Pressione faringea prossimale in mmHg</i>
<i>Pressione faringea distale in mmHg</i>
<i>Rilasciamento</i>
<i>Coordinamento</i>

Results

The results of the three evaluations (speech therapy, radiology, manometry) taken separately produced a diagnosis of dysphagia in approximately the same percentage of cases (75%), although with several differences in the subcategories of swallowing disorders and patients. The speech therapy evaluation identified 64/109 (58.7%) cases of dysphagia with aspiration and dysphagia without suspected aspiration in the remaining patients. Videofluoroscopy confirmed the presence of aspiration in only 57/109 (52.3%) patients, and in the remaining cases, it accurately identified swallowing alterations (without aspiration) that were compatible with the clinical indications. In 6/109 cases, the alteration was in the oral preparatory phase, in 8/109 cases in the oral transport phase, in 5/109 cases in the pharyngeal phase and in 6/109 cases in all swallowing phases. In the re-

rametri è espressa in maniera binaria. I 46 items sono suddivisi in 9 maggiori e 37 minori. La positività di uno dei criteri maggiori consente di valutare come disfagico il paziente, mentre, in assenza di criteri maggiori, per classificare il paziente come disfagico, è necessaria la positività di almeno 6 indicatori minori (Tabelle 2–4).

La valutazione pressoria si basa su 11 items manometrici, a loro volta divisi in 4 criteri maggiori e 7 minori riportati nelle Tabelle 5, 6). Questo tipo di refertazione a “check list” nasce da un’esigenza di interdisciplinarietà fra lo specialista richiedente e i diversi operatori al fine di riuscire a trovare un linguaggio comune e coerente per l’indirizzo diagnostico e il successivo follow-up del paziente. La differenziazione in criteri maggiori e minori è stata estrapolata da una valutazione retrospettiva interna al nostro gruppo che ha tenuto in considerazione le diverse capacità di identificazione della gravità del soggetto disfagico che esistono fra valutazione logopedica, valutazione clinica-neurologica e rilievi videofluoroscopici-manometrici. Dall’osservazione videofluoroscopica inoltre è stato valutato se l’atto deglutitorio avveniva in posizione indifferente, ovvero se il paziente per completare l’atto della deglutizione senza complicanze soggettivamente rilevabili, era costretto ad assumere particolari posture del capo o del collo.

Risultati

I risultati delle tre valutazioni (logopedica, radiologica e manometrica) singolarmente esaminati hanno fatto porre la diagnosi di disfagia in una percentuale pressoché uguale (75%) ma con alcune differenze per sottocategorie di disturbi deglutitori e di pazienti. La valutazione logopedica

Table 6 Minor manometric indicators

Pressure of Passavant's ridge in mmHg
Motor coordination
Intrabolus pressure
Peristalsis
Pharyngo-oesophageal reflux
Tracheo-oesophageal fistula
Zenker's diverticulum
Hypertonic UES in mmHg
Hypotonic UES in mmHg
Mean value of UES in mmHg
Maximum peak of UES in mmHg
Length of UES in cm
Duration of relaxation

UES, upper esophageal sphincter

Tabella 6 Indicatori manometrici minori

Pressione del cuscino del Passavant in mmHg
Coordinamento motorio
Pressione intrabolo
Peristalsi
Reflusso esofago faringeo
Fistola tracheo esofagea
Diverticolo di Zenker
Iperono del S.E.S. in mmHg
Ipotono del S.E.S. in mmHg
Valore medio del S.E.S in mmHg
Picco massimo del S.E.S. in mmHg
Lunghezza del S.E.S. in cm
Durata rilasciamento

SES, sfintere esofageo superiore

maining 27/109 cases (24.8%), the examination revealed no dynamic swallowing alterations, and in our study, there were no cases of cricopharyngeal muscle hypertrophy. Manometry identified a higher percentage of subjects with a swallowing disorder (84/109 – 77%) but was less precise in classifying the swallowing phase affected.

The combined videofluoroscopy and manometry swallowing study correlated the anatomical alterations with the functional findings of oropharyngeal pressure, with the same recording enabling evaluation of the anatomical, biomechanical and physiological features of swallowing and the methods of bolus propulsion and transport (Fig. 4). Pressure changes associated with each swallowing act were simultaneously recorded as negative or positive waves, and the relationship between the forces created by the opposition of the tongue, pharynx, larynx, oesophagus and bolus was studied. Accurate synchronisation of manometry and videofluoroscopy recordings proved particularly useful for identifying subgroups of swallowing disorders and enabled distinction between a weak opening of the UOS in 20/109 cas-

ha evidenziato pazienti con disfagia con aspirazione in 64/109 (58,7%) mentre nei restanti casi erano presenti alterazioni delle fasi della deglutizione senza sospetto di aspirazione. La valutazione radiologica ha confermato la presenza di aspirazione solo in 57/109 (52,3%) e nella restante percentuale ha identificato in maniera precisa le alterazioni nelle differenti fasi della deglutizione (senza aspirazione) compatibili con le indicazioni cliniche e in particolare in 6/109 vi era alterazione della fase buccale, in 8/109 della fase orale e in 5/109 della fase faringea e in 6/109 la contemporanea alterazioni di tutte le fasi della deglutizione. Nei restanti 27/109 (24,8%) l'esame non presentava alterazioni della dinamica deglutitoria e in particolare nella nostra esperienza non è stato identificato nessuna ipertrofia del muscolo cricofaringeo. Infine la valutazione manometrica ha identificato come patologici una percentuale superiore di soggetti esaminati (84/109, 77%) con un collocazione meno precisa delle alterazioni nelle diverse fasi della deglutizione.

La valutazione fluoroscopica dinamica della deglutizione con registrazione video abbinata alla manometria simultanea (videofluoromanometria, VFM), ha permesso di registrare contemporaneamente le alterazioni anatomiche correlandole al dato funzionale della pressione orofaringea, consentendo durante la medesima registrazione di valutare la situazione anatomica, biomeccanica e fisiologica della deglutizione e le modalità di propulsione e transito del bolo (Fig. 4). Con tale tecnica i cambiamenti dei regimi pressori associati ad ogni atto deglutitorio sono stati documentati simultaneamente come onde negative o positive ed inoltre è stato possibile studiare la relazione tra le forze create dall'opposizione della lingua, del faringe, della laringe, dell'esofago e del bolo. La accurata sincronizzazione della registrazione manometrica e videofluoroscopica è risultata particolarmente utile per identificare sottocategorie di disfunzione deglutitoria, e permettere la distinzione tra una debole apertura dello sfintere esofageo superiore (SES) in 20/109 ed un debole rilassamento 18/109, mentre deboli forze propulsive faringee 27/109 possono essere distinte da aumentate resistenze al defluire come si manifesta con l'alta pressione intrabolo 11/109 (Fig. 5).

In pratica sulla base della valutazione radiologica e manometrica in simultanea è stato possibile: 1) classificare come disfagici pazienti che ad una solo delle due metodiche aveva ricevuto un risultato sostanzialmente negativo; 2) riuscire a svelare il meccanismo eziopatogenetico che ad una sola delle due metodiche non era dato riconoscere; 3) classificare come meccanismo di compenso quello che ad una delle due era dato come alterazione patologica.

Discussione

Obiettivi della diagnostica strumentale in generale ed in par-

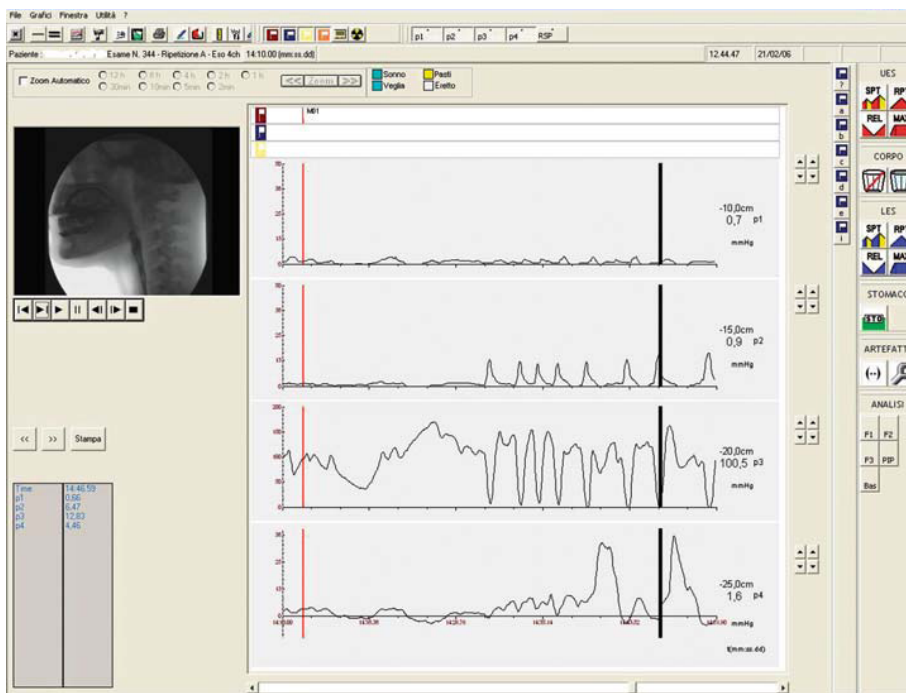


Fig. 3 Combined videofluoroscopy and manometry: during the data-analysis phase, the two examinations are reproduced in real time. The instrumentation enables visualisation at reduced or increased speed as well as the ability to pause the images for a frame-by-frame analysis.

Fig. 3 Visualizzazione dell'esame videofluoromanometrico (VFM): nella fase di analisi dei dati i due esami sono riprodotti in "tempo reale". Lo strumentario consente la visualizzazione con velocità ridotta o aumentata e l'analisi frame per frame mediante messa in pausa degli specifici frames di interesse.

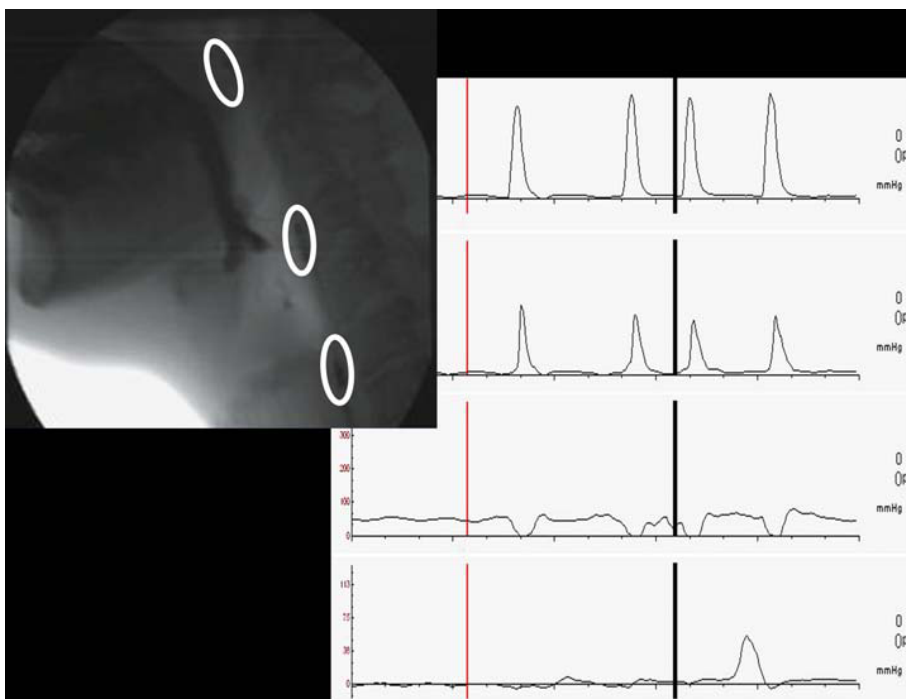


Fig. 4 Leakage is clearly visible on the videofluoroscopic image. The integrated videofluoroscopy-manometry image correlates the event with the swallowing act. In this case, the pathological finding occurs outside the swallowing act.

Fig. 4 Caso di caduta pre deglutoria: all'immagine videofluoroscopica è ben visualizzabile il "leakage"; la valutazione combinata VFM permette la correlazione dell'evento con l'atto deglutorio. In questo caso il dato patologico si posiziona al di fuori dell'atto deglutorio.

es and a weak relaxation in 18/109. Weak pharyngeal propulsive forces in 27/109 cases could be distinguished from increased resistance to flow, as occurred with high intrabolus pressure in 11/109 cases (Fig. 5).

Based on combined videofluoroscopy and manometry, it was possible to (1) classify patients as dysphagic when the individual technique provided a substantially negative re-

tiolare della diagnostica per immagini nello studio della disfagia sono rappresentati dalla definizione accurata delle alterazioni anatomiche che possono sottendere il quadro disfagico e dalla identificazione dei substrati funzionali implicati in tali sindromi [9–12]. Allo stato vengono impiegate per lo studio delle disfagie, differenti tecniche e metodiche, più o meno invasive, quali la videofluoroscopia, la videofaringola-

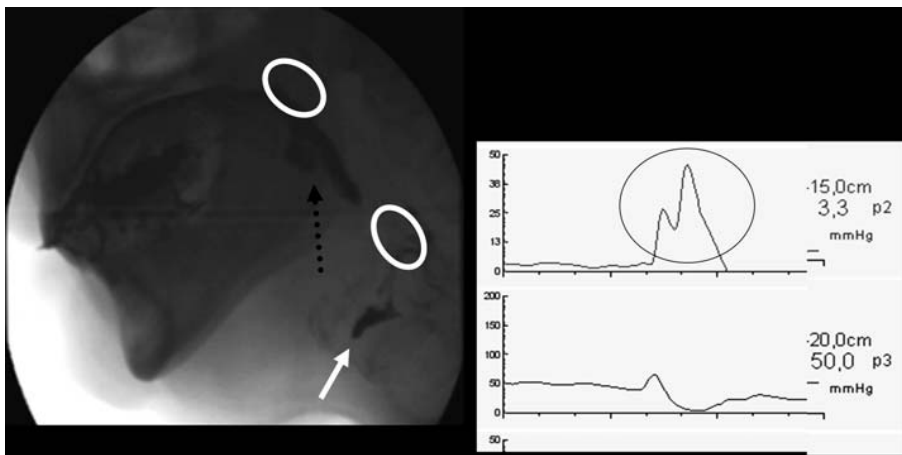


Fig. 5 Integration between qualitative and quantitative evaluation: leakage (broken arrow) and penetration (white arrow) on the videofluoroscopic image, which corresponds to a peak in ectopic pressure at the manometric examination.

Fig. 5 Integrazione tra valutazione qualitativa e quantitativa: caduta pre deglutitoria (freccia tratteggiata) e penetrazione (freccia bianca) all'immagine videofluoroscopica che corrisponde con un picco di pressione ectopico all'esame monometrico.

sult; (2) reveal the aetiopathological mechanism that could not be identified with the individual techniques; and (3) classify as compensatory a number of mechanisms that the individual techniques identified as pathological.

Discussion

The aims of instrumental diagnostics in general and diagnostic imaging in particular are to accurately define the possible anatomical alterations underlying dysphagia and identify the functional substrates involved in the condition [9–12]. Current techniques include videofluoroscopy, videopharyngolaryngoscopy and pharyngo-oesophageal manometry, each of which is able to identify different types of parameters, either morphological functional. One particularly promising technique is combined videofluoroscopy and manometry, which brings together the advantages of the dynamic visualisation of swallowing and the functional data provided by the simultaneous recording of pressure variations at different points in the pharynx and oesophagus [13].

Videofluoroscopy swallow study, also known as modified barium swallow study (MBSS), is a radiographic test that differs from the conventional barium swallow study. Videofluoroscopy is the gold standard for defining the site of dysphagia in that it is noninvasive and allows real-time assessment of all phases of the swallowing process and identification of the site of the anatomical and/or functional alteration impairing the normal progression of the food bolus. The examination is traditionally performed by giving the patient radiopaque boluses of different consistencies and amounts, which are chosen on a case-by-case basis according to the clinical findings and the subjective symptoms. Videofluoroscopy is performed with the patient in different positions and the acquisition of different views so as to obtain optimal visualisation of the oral, pharyngeal and laryn-

goscopia e la manometria faringoesofagea, ciascuna delle quali è in grado di rappresentare differenti parametri o di tipo morfologico o funzionale. Tecnica estremamente interessante nell'ambito di tali tipi di patologie, è la videofluoromanometria (VFM), che unisce al vantaggio della visualizzazione dinamica per immagini del processo della deglutizione, la possibilità di correlare il dato morfologico al dato funzionale, mediante il rilievo simultaneo delle variazioni pressorie a livello di più punti del complesso faringo-esofageo [13].

L'esame videofluoroscopico dinamico della deglutizione definito anche "deglutizione al bario modificata" è una videofluoroscopia (VFS), test radiografico che differisce dalla procedura tradizionale di valutazione della deglutizione al bario. È una tecnica radiologica che rappresenta il gold standard per la definizione della sede della disfagia, in quanto non è invasiva e consente in tempo reale lo studio delle differenti fasi della deglutizione a partire già dalla fase buccale identificando la sede dell'alterazione organica e/o funzionale della normale progressione del bolo ingestuale. Tradizionalmente l'esame si effettua mediante la somministrazione di un bolo radiopaco la cui differente consistenza e le dimensioni, vengono di volta in volta scelte in relazione al quesito clinico ed alla sintomatologia soggettiva. La valutazione videofluoroscopica viene effettuata mediante studio in posizioni e con proiezioni differenti al fine di ottenere un'ottimale visualizzazione delle strutture orali, faringee e laringee e del loro assetto funzionale durante la deglutizione, nonché dei meccanismi di compenso messi in atto dal paziente al fine di migliorare la qualità della deglutizione e di ovviare ad inconvenienti soggettivi che si manifestano durante le differenti fasi di essa [14]. Un corretto studio videofluoroscopico per la valutazione di alterazioni della deglutizione deve essere finalizzato a:

1. Definire l'anatomia dell'orofaringe.
2. Evidenziare disfunzioni del complesso fisiologico della deglutizione (penetrazione, aspirazione, ingestione debole, insufficiente controllo del bolo).

geal structures during swallowing as well as the compensatory mechanisms carried out by the patient to improve the quality of swallowing and avoid possible discomfort during the different swallowing phases [14]. A correct videofluoroscopy swallow study is aimed at:

1. Defining the anatomy of the oropharynx
2. Detecting physiological swallowing dysfunctions (penetration, aspiration, weak ingestion, insufficient bolus control)
3. Determining the mechanism responsible for the dysfunction
4. Examining the short-term effects of therapeutic strategies aimed at eliminating or compensating for the dysfunction.

Although other instrumental procedures, such as videoendoscopy, ultrasonography, manometry, electromyography or some combination of these, are able to focus on specific components of the swallowing mechanism, none of them can be considered on a par with videofluoroscopy. Recent studies have emphasised the role of videofluoroscopy, underlining its ability to identify the causes of the swallowing disorder and define the best therapeutic strategies [15].

Pharyngo-oesophageal manometry is the gold standard for identifying functional oesophageal alterations, but its role in the study of the pharynx is still somewhat limited by technical problems (opening mechanism of the UOS, rapidity of events, breathing, movement of the catheter) [16–18].

Combined videofluoroscopy and manometry can, to a large extent, overcome these difficulties, in part because visualisation of the anatomical structures allows the manometry catheter to be correctly positioned throughout the various study phases. The technique was first described in 1966 by Heitmann et al. [19], who used a manometer with perfusion catheters. This system, however, is now considered inadequate for the quantitative measurement of pharyngeal contraction due to the low-frequency response of the perfusion system. In 1988, McConnel et al. [20] demonstrated that these problems could be overcome with the use of solid-state transducers with a high-frequency response. These findings were later confirmed by Castell et al. [21] and Olsson et al. [22], who concluded that with the use of solid-state transducers, the manometric study is complementary to videofluoroscopy, as the latter visualises the transit of the bolus and the former records the pressure exerted by the pharyngeal wall. When used in combination, videofluoroscopy and manometry are able to evaluate the causes and effects of pharyngeal dysfunction that cannot be examined by each of the techniques individually [23]. An example is provided by the differentiation in UOS opening, which at videofluoroscopy is defined as the correct passage of contrast material, and UOS relaxation, which can only be evaluated manometrically. Our study and the literature report the presence of UOS relaxation,

3. *Determinare il meccanismo responsabile di tale disfunzione.*
4. *Esaminare gli effetti a breve termine delle strategie terapeutiche mirate ad eliminare o a compensare tale disfunzione.*

Sebbene altre metodiche investigative, come la videoendoscopia, l'ultrasonografia, la manometria, l'elettromiografia, o loro combinazioni possano successivamente permettere di focalizzare lo studio su elementi particolari del meccanismo deglutitorio, nessuna di queste può considerarsi sostitutiva della VFS. Recenti lavori hanno enfatizzato il ruolo di tale metodica diagnostica, in quanto la valutazione VFS consente di individuare le cause e permette di definire le più idonee strategie terapeutiche [15].

La manometria faringoesofagea è il gold standard per le alterazioni funzionali esofagee, mentre il suo ruolo nello studio del faringe ha ancora alcune limitazioni legate a problemi tecnici (meccanismo di apertura del SES, rapidità degli eventi, respirazione, movimento del catetere) [16–18].

La tecnica combinata della videofluoromanometria permette in buona misura di eludere alcune di queste problematiche, legando inscindibilmente tra di loro le due valutazioni diagnostiche e consentendo di valutare anche il corretto posizionamento della sonda monometriche durante le differenti fasi di studio. Questa tecnica è stata descritta per la prima volta nel 1966 da Sokol et al., che impiegavano un manometro con cateteri a per fusione [19]: tale sistema è considerato attualmente inadeguato per la misurazione quantitativa della contrazione faringea a causa della risposta a bassa frequenza del sistema a perfusione e nel 1988, McConnel et al. hanno dimostrato che questi problemi possono essere superati con l'uso di trasduttori a stato solido con risposta ad alta frequenza [20], dati confermati anche successivamente da Castell et al. [21] e da Olsson et al. [22] i quali concludono che con l'utilizzo di trasduttori a stato solido, lo studio manometrico risulta complementare a quello videofluoroscopico poiché questo ultimo riflette il transito del bolo, mentre la manometria rivela le pressioni esercitate dalla parete faringea. Quando sono effettuate contemporaneamente, le due metodiche (videofluoroscopia e manometria) permettono la valutazione delle cause e degli effetti della disfunzione faringea che non sono esaminabili con le singole indagini [23]. Un esempio su tutti è dato dalla differenziazione tra apertura dello SES, definita dall'esame radiologico anche come corretto passaggio del MdC, e rilassamento dello stesso che è possibile valutare solo manometricamente. Nel nostro studio e in letteratura è riportata, infatti, la presenza di un rilassamento dello sfintere, da normale ad assente, in caso di apertura dello stesso, come a dire quindi che apertura e rilassamento non sono sinonimi e che l'apertura dello sfintere, che permette il passaggio del MdC, è in alcuni casi legato all'aumento della pressione intrabolo e non al rilassamento della muscolatura sfinteriale

from normal to absent, in the event of opening of the sphincter itself. This suggests that opening and relaxation are not synonymous and that opening of the sphincter, which allows passage of contrast material, is in some cases linked to increased intrabolus pressure and not to relaxation of the UOS musculature [24]. In addition, it has been reported that hypertrophy of the cricopharyngeal muscle, which is clearly seen at videofluoroscopy, is not directly correlated with UOS achalasia [25]. Indeed, of all cases with videofluoroscopic and manometric evidence of failed UOS opening, only one showed cricopharyngeal hypertrophy at videofluoroscopy alone [26].

In addition, the aetiology of oropharyngeal dysphagia is not always correctly detected, even after clinical, laboratory or radiological assessment, magnetic resonance imaging included [27]. Our brief experience and published studies demonstrate that the use of this type of technique enabled a diagnosis of neurological damage in patients with dysphagia with an unknown cause and at the same time suggest conservative or surgical treatment (dilatation of the cricopharyngeal muscle, myotomy, botulin injection) for patients with definite neurological dysphagia. All of this, however, is of little worth if this type of approach fails to affect the outcomes of dysphagic patients, as reported by Cook and Kahrilas [28] and as suggested by our preliminary experience, to be validated by the follow-up of our patients.

Integration of the two instrumental studies – functional and morphological – enabled, in agreement with the previously acquired clinical data, accurate definition of anatomical and/or functional changes produced by different underlying conditions, thus suggesting the most appropriate therapy for each patient. Nonetheless, a number of limitations encumber the technique, especially when compared with videofluoroscopy alone. These include the initial purchase of the instrumentation (up to 20,000 euro); the learning curve required with this new technique, which is, however, inversely proportional to the experience of the individual operator; and patient discomfort associated with the procedure, which may be considered minimal given the small diameter of the manometry catheter.

Conclusions

An early and accurate diagnosis of oropharyngeal dysphagia means being able to effectively intervene with speech therapy techniques, improve the patient's quality of life and minimise complications (choking, aspiration pneumonia, malnourishment).

The impact of dysphagia in clinical practice can be gleaned from epidemiological data. It has been shown that swallowing disorders in the adult and elderly population

[24]. *Inoltre è stato riportato che l'ipertrofia del muscolo cricofaringeo, evidente all'esame radiologico non è direttamente correlato con l'acalasia dello sfintere [25]; infatti di tutti i casi in cui l'esame videofluoromanometrico aveva evidenziato una mancata apertura dello SES soltanto in uno di questi era evidente l'ipertrofia del muscolo cricofaringeo alla sola valutazione radiologica [26].*

A tutto questo va aggiunto che spesso l'eziologia della disfagia oro-faringea non è sempre svelata correttamente anche dopo le valutazioni cliniche, laboratoristiche e radiologiche – inclusa la risonanza magnetica [27]. Riteniamo che alla luce della nostra seppur breve esperienza e di quella della letteratura è possibile asserire che l'utilizzo di questo tipo di metodica ci ha permesso di indirizzare verso un danno di tipo neurologico soggetti affetti da una disfagia senza causa e allo stesso tempo di indirizzare verso un trattamento conservativo o chirurgico (dilatazione del muscolo cricofaringeo, miotonia, iniezione di botulino) i pazienti affetti da disfagia di sicura natura neurologica. Ma tutto questo non ha ragione di essere se questo tipo di approccio non riesce ad incidere sull'outcomes del paziente disfagico come riportato dagli autori Cook e Kahrilas [28] e come sembra emergere in maniera confortante dalla nostra esperienza preliminare che sarà sicuramente validata in maniera più evidente con i dati del follow-up dei pazienti.

L'integrazione dunque delle due differenti tipologie di rilievo, funzionale e morfologico, ci ha permesso di definire accuratamente, in accordo con il dato clinico, preventivamente acquisito, alterazioni anatomiche e/o funzionali implicate nelle differenti patologie a manifestazione disfagica, consentendo di definire in maniera adeguata la idonea strategia terapeutica per ogni paziente. Ma sicuramente ci sono da affrontare una serie di svantaggi insiti alla metodica, soprattutto se confrontati con la valutazione VFS, legati ad un costo iniziale per l'acquisto dell'apparecchiatura (<20000 euro) alla curva di apprendimento della nuova metodica che è però inversamente proporzionale all'esperienza dei singoli operatori e non ultimo al discomfort del paziente che è minimo se si considera il ridotto diametro del sondino monometrico.

Conclusioni

Fare precocemente una buona diagnosi di disfagia orofaringea significa poter intervenire efficacemente con tecniche riabilitative logopediche, migliorare la qualità di vita del paziente, nonché ridurre al minimo le complicanze che questa comporta (soffocamento, polmonite ab ingestis, malnutrizione).

Per dare un'idea dell'impatto che la disfagia ha nella pratica clinica, bisogna fare ricorso a dati epidemiologici. È stato messo in evidenza che nella popolazione adulta e involutiva prevalgono disturbi della deglutizione per compromissione delle fasi faringea, esofagea e gastrica, mentre in

tend to involve the pharyngeal, oesophageal and gastric phases, whereas in paediatric patients, the oral preparatory and oral transport phases are more commonly affected. The prevalence in the general population is estimated at about 20%, with a significant increase in specific subgroups such as the elderly and patients with neurodegenerative diseases, head injuries or stroke.

Cerebrovascular accidents (ischaemic or haemorrhagic) are the leading cause of disability and the third cause of death throughout the world. In the first 13 days following the insult, as many as 41 out of 91 patients had symptoms of dysphagia. In the setting of neurodegenerative diseases, a numerically significant subgroup is made up of patients with Parkinson's disease. About half of these patients suffer from swallowing problems, and some 90% of these have radiological evidence of food lodging in the glossoepiglottic valleculae and reduced pharyngeal peristalsis.

Amyotrophic lateral sclerosis and Huntington's disease also need to be considered, as swallowing disorders in both of these diseases have a prevalence of next to 100%. However, in the case of amyotrophic lateral sclerosis, the early onset and rapid progression of dysphagia to the point of requiring enteral feeding are significantly greater. The clinical-diagnostic workup requires a thorough patient history (time of symptom onset, associated symptoms, use of medications, tobacco, comorbidities), a correct physical examination (evaluation of mental state, motor and sensory functions of the mouth and oral cavity, deep reflexes of the cranial nerves) and inspection and two-handed palpation of the floor of the mouth, the tongue, the neck region and assessment of the motion of the thyroid cartilage during swallowing.

The instrumental diagnostic assessment of dysphagia uses a variety of both morphological and functional techniques capable of identifying specific changes due to different underlying causes. It can therefore be safely stated that combined videofluoroscopy and manometry is a valid technique in the study of swallowing disorders. Despite the drawbacks associated with patient discomfort during the use of the manometric catheter, the technique is able to identify slight changes in the swallowing mechanism before they give rise to evident clinical signs, thus providing the time required to implement the necessary rehabilitative strategies aimed at improving the patient's quality of life. The technique also significantly improves the sensitivity and specificity of the two examinations performed individually, thus providing both a quantitative and qualitative evaluation at the same time. The combined videofluoroscopy and manometry study aims to overcome the limitations of each of these techniques.

Videofluoroscopy provides images of the events occurring during bolus transport but fails to give information regarding what causes its motion, i.e. pressure generated by

età evolutiva prevalgono le compromissioni delle fasi buccale e orale, nonché della preparazione extraorale. La prevalenza nella popolazione generale viene stimata intorno al 20% con aumenti significativi in popolazioni specifiche come quella anziana, nei soggetti affetti da malattie neurodegenerative, nei traumatizzati cranici, negli ictus cerebrali.

Gli accidenti cerebrovascolari (ischemici o emorragici) costituiscono tuttora la prima causa di disabilità nel mondo e la terza causa di morte. Nei primi 13 giorni dopo lo stroke è stato calcolato che ben 41 su 91 pazienti aveva sintomi di disfagia. Nell'ambito delle malattie neurodegenerative una popolazione neurologica numericamente importante è costituita dai soggetti con morbo di Parkinson. Circa il 50% di questi soggetti lamentano sintomi disfagici e il 90% circa di coloro che lamentavano una sintomatologia disfagica avevano evidenze radiologiche quali stasi nelle vallecule glossoepiglottiche e ridotta peristalsi faringea.

Devono essere prese, inoltre, in gran considerazione anche la sclerosi laterale amiotrofica e la malattia di Huntington, poiché in entrambe queste malattie il sintomo disfagia raggiunge una prevalenza sostanzialmente del 100%, ma, nel caso della SLA, la precocità di insorgenza e la rapidità del decorso, fino a rendere necessaria l'alimentazione per via enterale, sono decisamente maggiori. L'iter clinico-diagnostico richiede un'adeguata anamnesi del paziente (tempo di comparsa del sintomo, sintomi associati, uso di farmaci, tabacco, fumo, preesistenti patologie), un corretto esame obiettivo (valutazione dello stato mentale del paziente, delle funzioni motorie e sensitive della bocca e del cavo orale, dei riflessi profondi dei nervi cranici), osservazione e palpazione bimanuale del pavimento della bocca, della lingua, della regione del collo e dei movimenti dello scudo cartilagineo tiroideo durante gli atti deglutitori.

La diagnostica strumentale delle disfagie si avvale di differenti tecniche di studio sia di tipo morfologico che funzionale che mettono in evidenza alterazioni specifiche delle diverse cause di disfagia.

Possiamo dunque affermare, che l'esame combinato videofluoromanometrico risulta essere una metodica valida nello studio delle alterazioni della deglutizione, in quanto, nonostante sia gravata da qualche discomfort legato in particolare all'uso del catetere manometrico, permette di evidenziare anche fini alterazioni del complesso meccanismo deglutitorio prima ancora che esse diano evidenza clinica conclamata dando il tempo di potere applicare tutte quelle manovre riabilitative atte a donare al paziente disfagico un migliore qualità di vita. In più permette di migliorare significativamente la sensibilità e la specificità dei due esami effettuati singolarmente, fornendo nello stesso tempo una valutazione sia quantitativa che qualitativa. L'esecuzione e la registrazione sincrona della videofluoroscopia e della manometria faringoesofagea ha lo scopo di superare i limiti di ognuna delle metodiche di indagine.

the contraction and movement of numerous muscular structures. On the other hand, manometry alone is unable to correlate pressure recordings with the various phases of bolus transit or measure the pressure applied to the bolus and the pressure generated by the bolus itself, or determine the relationship between pressure and the velocity of bolus motion. Lastly, conventional manometry is unable to define which anatomical structures – tongue, palate, larynx or pharynx – generate the pressure recorded at a given moment.

Only combined videofluoroscopy and manometry is able to measure the pressure generated by each anatomical structure, the pressure gradients required to move the bolus, and the pressure of the bolus motion. With this type of examination, swallowing can be quantitatively assessed and the degree of functional impairment of each structure can be defined. This assessment enables the choice of optimal therapy and, on the basis of the correction of motor and/or pressure anomalies, avoids expensive and cumbersome treatment options, such as percutaneous endoscopic gastrostomy.

La videofluoroscopia documenta per immagini ciò che avviene durante il transito del bolo ma non dà informazioni su ciò che provoca il passaggio, cioè le pressioni generate dalla contrazione e dal movimento di numerose strutture muscolari. D'altra parte con la manometria è impossibile correlare le pressioni registrate con le varie fasi del passaggio del bolo, misurare le pressioni applicate al bolo e quelle generate dal bolo stesso, determinare la relazione fra pressione e velocità di flusso del bolo. Infine la manometria tradizionale non è in grado di definire quale delle strutture anatomiche, lingua, palato, laringe, faringe, generi la pressione misurata in un dato momento.

Solo la videofluoromanometria consente la misura delle pressioni generate da ogni formazione anatomica, dei gradienti di pressione necessari al movimento del bolo, delle pressioni di flusso del bolo. Con questo tipo di esame è possibile analizzare quantitativamente la deglutizione, definire il grado di insufficienza di singole unità funzionali e quindi di scegliere la terapia consentendo, in base alla correzione di eventuali disturbi motori e/o pressori, di allontanare presidi terapeutici dispendiosi e di difficile gestione, quali la PEG.

References/Bibliografia

1. Miller AJ (2002) Oral and pharyngeal reflexes in the mammalian nervous system. *Crit Rev Oral Biol Med* 13:409–425
2. Donner MW, Bosma JF, Robertson DL (1985) Anatomy and physiology of the pharynx. *Gastrointest Radiol* 10:196–212
3. Bosma JF (1957) Deglutition Pharyngeal state. *Physiol Rev* 37:275–300
4. Miller AJ (1982) Deglutition. *Physiol Rev* 62:129–184
5. Dodds WJ, Stewart ET, Longeman JA (1990) Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing. *AJR Am J Roentgenol* 154:953–963
6. Logeman JA (1995) Dysphagia: evaluation and treatment. *Folia Phoniater Logop* 47:140–164
7. College of Audiologists and Speech Language Pathologists of Ontario (CASPO) (2000) Preferred practice guideline for dysphagia
8. American Speech Language Hearing Association (ASHA) (2001) Clinical indicators for instrumental assessment of dysphagia. ASHA Special interest report 2001. Available from url: http://dysphagia.com/asha_SID_12.htm
9. Reilly S, Douglas J, Oates J (2001) Evidence-based practice in speech pathology. Whurr Publishers, London and Philadelphia
10. Logemann JA (1983) Evaluation and treatment of swallowing disorders. College Hill Press, San Diego, CA
11. Arvedson J, Rogers B, Buck G et al (1994) Silent aspiration prominent in children with dysphagia (1994). *Int J Ped Otorhinolaryng* 28:173–181
12. Aviv JE (2000) Prospective, randomized outcome of endoscopy versus modified barium swallow on patients with dysphagia. *Laryngoscope* 110:563–574
13. Ali GN, Fallace KL, Schwartz R et al (1996) Mechanism of oral-pharyngeal dysphagia in patients with parkinson's disease. *Gastroenterology* 110:383–392
14. 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
15. Gates J, Hartnell GG, Gramigna GD (2006) Videofluoroscopy and swallowing studies for neurologic disease: a primer. *RadioGraphics* 26:e22
16. Kahrilas PJ, Dodds WJ, Dent J et al (1998) Upper esophageal sphincter function during deglutition. *Gastroenterology* 95:52–62
17. Kahrilas PJ (1994) Anatomy, physiology and pathophysiology of dysphagia. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 48:97–117
18. Kelly J (1997) Use of manometry in the evaluation of dysphagia. *Otolaryngol Head Neck Surg* 116:355–357
19. Sokol EM, Heitmann P, Wolf BS, Cohen BR (1966) Simultaneous cineradiographic-manometric study of the distal esophagus: small hiatal hernias and rings. *Gastroenterology* 50:737–753
20. McConnel FMS, Cerenko D, Hersh T, Weil LJ (1988) Evaluation of pharyngeal dysphagia with manofluorography. *Dysphagia* 2:187–195
21. Castell JA, Dalton CB, Castell DO (1990) Pharyngeal and upper esophageal sphincter manometry in humans. *Am J Physiol* 258:G173–G178

22. Olsson R, Castell JA, Castell DO, Ekberg O (1995) Solid-state computerized manometry improves diagnostic yield in pharyngeal dysphagia: simultaneous videoradiography and manometry in dysphagia patients with normal barium swallows. *Abdom Imaging* 20:230–235
23. Goeleyen A, Robberecht W, Carbonez A, Dejaeger E (2006) Manofluorographic evaluation of swallowing in amyotrophic lateral sclerosis and its relationship with clinical evaluation of swallowing. *Amyotroph Lateral Scler* 7:235–240
24. Lang IM, Shaker R (1997) Anatomy and physiology of the upper esophageal sphincter. *Am J Med* 103:50S–55S
25. De Caluwe D, Nassogne MC, Reding R et al (1999) Cricopharyngeal achalasia: case report and review of the literature. *Eur J Pediatr Surg* 9:109–112
26. Williams RBH, Wallace KL, Ali GN, Cook IJ (2002) Biomechanics of failed deglutitive upper esophageal sphincter relaxation in neurogenic dysphagia. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 283:G16–G26
27. Buchholz DW (1994) Neurogenic dysphagia: what is the cause when the cause is not obvious? *Dysphagia* 9:245–255
28. Cook IJ, Kharilas PJ (1999) American Gastroenterological Association Technical review on management of oropharyngeal dysphagia. *Gastroenterology* 116:455–478