

## Pelvic floor imaging: comparison between magnetic resonance imaging and conventional defecography in studying outlet obstruction syndrome

### *Imaging del pavimento pelvico: confronto fra risonanza magnetica e defecografia tradizionale nello studio della sindrome da defecazione ostruita*

P.V. Foti<sup>1</sup> • R. Farina<sup>1</sup> • G. Riva<sup>1</sup> • M. Coronella<sup>1</sup> • E. Fisichella<sup>1</sup> • S. Palmucci<sup>1</sup> • A. Racialbuto<sup>2</sup>  
G. Politi<sup>1</sup> • G.C. Ettorre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istituto di Radiologia, Azienda Ospedaliero-Universitaria “Policlinico-Vittorio Emanuele”, P.O. “Gaspare Rodolico” di Catania, Via Santa Sofia 78, 95123 Catania, Italy

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Azienda Ospedaliero-Universitaria “Policlinico-Vittorio Emanuele”, P.O. “Gaspare Rodolico” di Catania, Catania, Italy

Correspondence to: P.V. Foti, Tel.: +39-095-3782360, e-mail: pietrofoti@hotmail.com

Received: 17 June 2011 / Accepted: 7 September 2011 / Published online: 28 June 2012  
© Springer-Verlag 2012

#### Abstract

**Purpose.** This study prospectively compared the diagnostic capabilities of magnetic resonance (MR) imaging with conventional defecography (CD) in outlet obstruction syndrome.

**Materials and methods.** Nineteen consecutive patients with clinical symptoms of outlet obstruction underwent pelvic MR examination. The MR imaging protocol included static T2-weighted fast spin-echo (FSE) images in the sagittal, axial and coronal planes; dynamic midsagittal T2-weighted single-shot (SS)-FSE and fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) cine images during contraction, rest, straining and defecation. MR images (including and then excluding the evacuation phase) were compared with CD, which is considered the reference standard.

**Results.** Comparison between CD and MR with evacuation phase (MRWEP) showed no significant differences in sphincter hypotonia, dyssynergia, rectocele or rectal prolapse and significant differences in descending perineum. Comparison between CD and MR without evacuation phase (MRWOEP) showed no significant differences in sphincter hypotonia, dyssynergia or enterocele but significant differences in rectocele, rectal prolapse and descending perineum. Comparison between MRWEP and MRWOEP showed no significant differences in sphincter hypotonia, dyssynergia, enterocele or descending perineum but significant differences in rectocele, rectal prolapse, peritoneocele, cervical

#### Riassunto

**Obiettivo.** Scopo del presente lavoro è stato confrontare prospettivamente le capacità diagnostiche della risonanza magnetica (RM) con quelle della defecografia tradizionale (DT) nello studio della sindrome da defecazione ostruita.

**Materiali e metodi.** Diciannove pazienti consecutivi con defecazione ostruita sono stati sottoposti ad RM della pelvi. Sono state acquisite sequenze statiche fast spin echo (FSE)-T2-pesate sui piani sagittale, assiale e coronale e sequenze dinamiche single shot fast spin echo (SSFSE) e fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) sul piano sagittale mediano durante contrazione dello sfintere anale, riposo, ponzamento, defecazione. Le immagini RM (prima includendo, poi escludendo la fase di evacuazione) sono state confrontate con la DT considerata come standard di riferimento.

**Risultati.** Il confronto DT vs RM con fase di evacuazione (RMCE) ha evidenziato differenze statisticamente non significative nell'ipotonia sfinteriale, dissinergia, rettocele, prolasso rettale, enterocele e differenze significative nel perineo discendente. Il confronto DT vs RM senza fase di evacuazione (RMSE) ha evidenziato differenze non significative nell'ipotonia sfinteriale, dissinergia, enterocele e differenze significative nel rettocele, prolasso rettale, perineo discendente. Il confronto RMCE vs RMSE ha evidenziato differenze non significative nell'ipotonia sfinteriale, dissinergia, enterocele, perineo discendente e differenze significative nel rettocele, prolasso rettale, peritoneocele, cervicocistoptosi, isteroptosi.

cystoptosis and hysteroptosis.

**Conclusions.** MR imaging provides morphological and functional study of pelvic floor structures and may offer an imaging tool complementary to CD in multicompartiment evaluation of the pelvis. An evacuation phase is mandatory.

**Keywords** Magnetic resonance imaging · Pelvic floor · Dynamic MR · Prolapse · Defecography

**Conclusioni.** La RM consente di effettuare uno studio morfologico e funzionale del pavimento pelvico; può rappresentare un esame complementare alla DT nella valutazione multicompartimentale della pelvi. La fase di evacuazione è fondamentale.

**Parole chiave** Risonanza magnetica · Pavimento pelvico · RM dinamica · Prolasso · Defecografia

## Introduction

Outlet obstruction refers to all pelvic floor disorders causing incomplete evacuation of faecal content from the rectum. Outlet obstruction syndrome is a common clinical problem that heavily affects patients' quality of life (QoL). Clinical symptoms are nonspecific and include pain and constipation. The causes are both morphological (rectocele, enterocele, rectal prolapse, descending perineum) and functional (pelvic floor dyssynergia) [1]. As a result, there is a need for a modality capable of providing both a morphological and functional assessment of pelvic structures. Magnetic resonance (MR) imaging meets both of these requirements. Its excellent contrast resolution for soft tissue means it is capable of depicting anatomical abnormalities affecting pelvic structures, whereas the high temporal resolution recently achieved with fast imaging techniques allows dynamic assessment of function. However, there is no uniformity of MR imaging protocols in international studies published to date.

Diagnostic assessment of the pelvic floor is currently based on the examination and imaging modalities using ionising radiation, such as conventional defecography (CD). These diagnostic tools provide a partial assessment of the pelvic floor but are limited to studying a single compartment. However, pelvic floor disorders often involve several compartments [2]. MR imaging is increasingly used to study these disorders and seems to meet the requirements of a modality able to provide a multicompartiment evaluation.

The purposes of our study were to develop an MR protocol allowing morphological and functional study of the pelvic floor during the same imaging session; to prospectively compare the capabilities of MR with those of CD, which is considered the reference standard, when studying outlet obstruction syndromes; and to assess the impact of the evacuation phase of MR imaging on the final diagnosis.

## Materials and methods

### Study population

Our study was approved by the local ethics committee, and

## Introduzione

Il termine defecazione ostruita comprende tutte le disfunzioni del pavimento pelvico responsabili di una incompleta evacuazione del contenuto fecale dal retto. La sindrome da defecazione ostruita rappresenta un problema clinico molto diffuso ed ha un notevole impatto sulla qualità di vita dei pazienti che ne sono affetti. La sintomatologia è caratterizzata da sintomi aspecifici come dolore e costipazione. Tale patologia riconosce cause sia morfologiche (rettocele, enterocele, prolasso rettale, perineo discendente) che funzionali (dissinergia del pavimento pelvico) [1]. Emerge pertanto la necessità di disporre di una metodica in grado di effettuare una valutazione morfologica e funzionale delle strutture pelviche. La risonanza magnetica (RM) possiede entrambi questi requisiti. La eccellente risoluzione di contrasto per i tessuti molli le conferisce la capacità di identificare le alterazioni anatomiche delle strutture pelviche, la elevata risoluzione temporale, risultato del recente sviluppo dell'imaging veloce, consente di effettuare uno studio dinamico con finalità anche funzionali. Fino ad oggi, tuttavia, nella letteratura mondiale non vi è uniformità nel protocollo d'esame RM.

La valutazione diagnostica del pavimento pelvico è attualmente affidata all'esame clinico e a metodiche di imaging che utilizzano radiazioni ionizzanti come la defecografia tradizionale (DT). Tali presidi diagnostici consentono una valutazione parziale del pavimento pelvico limitata allo studio di un solo compartimento. Le disfunzioni del pavimento pelvico, però, implicano spesso un coinvolgimento di più compartimenti pelvici [2]. La RM, sempre più utilizzata nello studio di tali patologie, sembra aver soddisfatto il requisito di metodica in grado di effettuare una valutazione multicompartimentale.

Gli obiettivi del nostro studio sono: sviluppare un protocollo RM che consenta di effettuare, nella stessa seduta, uno studio morfologico e funzionale del pavimento pelvico; confrontare, in maniera prospettica, le capacità diagnostiche della RM con quelle della DT, considerata come standard di riferimento, nello studio della sindrome da defecazione ostruita; valutare il contributo della fase di evacuazione dell'esame RM sulla diagnosi finale.

all patients provided informed consent. Between July 2007 and January 2009, 19 consecutive patients (two men and 17 women; mean age 54 years; range 36–77 years) were included in the study. In all 19 patients (100%), the indication for MR examination was outlet obstruction syndrome associated with urinary and faecal incontinence in 3/19 patients (15%) and with urinary difficulty in 1/19 patients (5%). Six (35%) of the 17 women had undergone hysterectomy. Of the 19 patients, nine (47%) had a history of pelvic surgery, which included anal fissure, staple transanal rectal resection (STARR), rectopexy, endometriosis, reconstructive pelvic floor surgery, cystopexy, anterior rectocele and haemorrhoidectomy. Of the 17 women, five were nulliparous and 12 had had one to six deliveries. All patients were studied with pelvic CD (entero-defecography) and MR imaging, with an interval between the two examinations not exceeding 1 month (mean  $12\pm 4$  days; range 4–26 days). CD was performed before MR imaging in all cases.

#### MR imaging protocol

MR examinations were performed with a closed-configuration superconducting unit with a 1.5-T field strength (GE-Signa HDx 1.5 T, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) using an 8-channel torso coil.

#### Preparation

Patient preparation and cooperation are essential for the success of the study. Prior to the examination, patients are given an enema and instructed regarding the manoeuvres to be performed inside the magnet. Patients are invited to wear a large pad, a stratagem that has the dual purpose of preventing soiling of the MR bed and reducing psychological discomfort [3]. The bladder should be half full. Inside the gantry, the rectum is distended with approximately 150 ml of ultrasound gel (hyperintense on T2 and FIESTA sequences) introduced through a Nelaton catheter (20 Ch, 6.67 mm $\times$ 360 mm) (Bicakcilar, Istanbul, Turkey) and a 50-ml catheter-tip syringe. The degree of straining is monitored with a respiratory gating device placed around the patient's waist. Inside the gantry, the patient lies supine (feet first), with knees slightly flexed, as this position facilitates evacuation of rectal contrast agent during defecation.

#### Sequences

Our protocol includes the acquisition of:

- High-spatial-resolution static sequences to study the morphology of the levator ani;
- Dynamic sequences to study abnormalities of the pelvic organs during contraction, rest, straining and defecation. Static sequences included T2-weighted fast spin-echo

## Materiali e metodi

### Popolazione di studio

*Lo studio è stato approvato dal comitato etico ed ogni paziente ha firmato un consenso informato. Da luglio 2007 a gennaio 2009, 19 pazienti consecutivi (2 uomini e 17 donne; età media 54 anni; range di età 36–77 anni) sono stati inclusi nel nostro studio. In tutti i 19 pazienti (100%) l'indicazione dell'esame RM era rappresentata da defecazione ostruita cui si associava in 3/19 pazienti (15%) incontinenza urinaria e fecale ed in 1/19 paziente (5%) difficoltà minzionale. Sei (35%) delle 17 donne avevano subito un pregresso intervento di isterectomia. Dei 19 pazienti 9 (47%) avevano una storia di interventi chirurgici in sede pelvica che comprendevano: ragade anale, stapled trans anal rectal resection (STARR), rettropessi, endometriosi, plastica del pavimento pelvico con protesi, cistopessi, rettocele anteriore, emorroidectomia. Delle 17 donne 5 erano nullipare, le altre 12 riferivano un numero di parti compreso fra 1 e 6.*

*Tutti i pazienti sono stati sottoposti a DT (entero-defecografia) e ad RM della pelvi con un intervallo temporale fra i due esami non superiore ad 1 mese (media  $12\pm 4$  giorni, range 4–26 giorni). La DT è stata eseguita prima dell'esame RM.*

### Protocollo di imaging RM

*Gli esami RM sono stati eseguiti con un magnete superconduttivo a geometria chiusa (GE-signa HDx 1,5 T, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) con intensità di campo magnetico di 1,5 tesla, utilizzando una bobina 8 canali torso.*

#### Preparazione

*La preparazione e la collaborazione del paziente sono fondamentali per la buona riuscita dell'esame. Prima dell'esame i pazienti eseguono un clistere evacuativo e vengono istruiti sulle manovre da compiere all'interno del magnete. Il paziente viene invitato ad indossare un pannolone; questo accorgimento ha un duplice scopo: evitare la contaminazione del lettino della RM e ridurre il disagio psicologico [3]. È bene che la vescica presenti un medio riempimento. All'interno del gantry si procede alla distensione del retto con circa 150 ml di gel ecografico [iperintenso nelle sequenze T2 e fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA)], introdotto mediante un catetere di Nelaton (20 Ch, 6,67 mm $\times$ 360 mm) (Bicakcilar, Istanbul, Turchia) ed una siringa da 50 ml con punta larga. Il grado di ponzaumento del paziente viene monitorato con un dispositivo tipo respiratory gating applicato intorno alla vita. All'interno del gantry il paziente viene posizionato in decubito supino*

(FSE) sequences in the sagittal, axial and coronal planes. The technical parameters for this sequence were time to repetition (TR)/time to echo (TE), 4,675/100; flip angle, 90°; section thickness, 4 mm; interslice gap, 1 mm; bandwidth, 41.67 kHz; field of view (FOV), 32 cm; matrix, 320×224; number of averages, 4; number of images, 26; acquisition time, 3 min 49 s.

Dynamic sequences were performed in the midsagittal plane identified on the T2-weighted FSE static images, with the pubic symphysis, urethra, vagina, rectum and coccyx included in the FOV. In the dynamic phase, two types of sequences were used: T2-weighted single-shot fast spin-echo (SSFSE) and fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) sequences acquired with the following parameters:

- SSFSE (TR/TE, 708/90; flip angle, 90°; section thickness, 8 mm; bandwidth, 83.3 kHz; FOV, 34 cm; matrix, 384×224; number of averages, 0.5; acquisition time for each image, 0.3 s) in the midsagittal plane, with sequential acquisition during contraction, rest and straining;
- FIESTA (TR/TE, 3.3/1.4; flip angle, 45°; section thickness, 8 mm; bandwidth, 125 kHz; FOV, 35 cm; matrix, 224×224; number of averages, 1; number of images, 20; acquisition time, 20 s) in the midsagittal plane, with continuous multiphase acquisition during contraction, rest, straining and defecation.

When clinical examination suggested the presence of lateral rectocele or lateral prolapse, the dynamic sequences were obtained in the axial and coronal planes as well. Overall examination time, including patient preparation, was approximately 40 min.

#### Image analysis

CD was performed by a radiologist with 10 years' experience and MR imaging by a radiologist with 6 years' specific experience. The radiologists were aware of the results of the clinical examinations. The radiologist reading the MR images was blinded to the results of CD. MR images were displayed on a Picture Archiving and Communication System (PACS) screen, and cine loop presentation was used for dynamic sequences. Degree of prolapse measurement was performed by using electronic landmarks; each measurement was taken three times and expressed as a mean value. MR results were compared with those of CD, which was considered the reference standard.

#### *Degree of prolapse and measurements*

Dynamic sequences were assessed by analysing the position of the pelvic organs with respect to the landmarks during rest, contraction, straining and defecation. These landmarks may be either fixed or mobile. Fixed landmarks are the

*(feet first) con le ginocchia lievemente flesse; tale posizione serve ad agevolare l'evacuazione del mezzo di contrasto (M<sub>d</sub>C) endorettale durante la fase di defecazione.*

#### Sequenze

*Il nostro protocollo prevede l'esecuzione di:*

- *sequenze statiche ad elevata risoluzione spaziale per valutare la morfologia del muscolo elevatore dell'ano;*
- *sequenze dinamiche per valutare le modificazioni degli organi pelvici durante contrazione, rilassamento, ponzamento e defecazione.*

*Le sequenze statiche comprendevano sequenze T2-pesate fast spin-echo (FSE) eseguite sui piani sagittale, assiale e coronale. I parametri tecnici di questa sequenza sono i seguenti: tempo di ripetizione (TR)/tempo di eco (TE) 4675/100; flip angle 90°; section thickness 4 mm; interslice gap 1 mm; bandwidth 41,67 kHz; campo di vista (FOV) 32 cm; matrice 320×224; numero medie 4; numero immagini 26; tempo di acquisizione 3 min e 49 s.*

*Sulle immagini statiche FSE T2-pesate è stato individuato il piano sagittale mediano sul quale eseguire le sequenze dinamiche in modo da comprendere nel campo di vista la sinfisi pubica, l'uretra, la vagina, il retto ed il cocchige. Nella fase dinamica abbiamo utilizzato due tipi di sequenze: single-shot fast spin echo (SSFSE) T2-pesate e FIESTA eseguite con le seguenti modalità:*

- *SSFSE (TR/TE 708/90; flip angle 90°; section thickness 8 mm; bandwidth 83,3 kHz; FOV 34 cm; matrice 384×224; numero medie 0,5; tempo di acquisizione di ciascuna immagine 0,3 s) sul piano sagittale mediano eseguita con modalità sequenziale durante: contrazione, rilassamento, ponzamento;*
- *FIESTA (TR/TE 3,3/1,4; flip angle 45°; section thickness 8 mm; bandwidth 125 kHz; FOV 35 cm; matrice 224×224; numero medie 1; numero immagini 20; tempo di acquisizione 20 s) sul piano sagittale mediano eseguita con modalità multifase in acquisizione continua durante: contrazione, rilassamento, ponzamento e defecazione.*

*Quando l'esame clinico suggeriva la presenza di un rettocele laterale o di un prolasso laterale le sequenze dinamiche sono state eseguite anche sui piani assiale e coronale. La durata totale dell'esame, compresa la preparazione del paziente, è di circa 40 min.*

#### Analisi delle immagini

*La DT è stata eseguita da un radiologo con 10 anni di esperienza; la RM è stata eseguita da un radiologo con 6 anni di esperienza nel settore oggetto dello studio. I radiologi disponevano delle informazioni relative all'esame clinico dei pazienti. L'interpretazione dell'esame RM è avvenuta in cieco rispetto al risultato della DT. La visualizzazione del-*

pubococcygeal line (PCL), extending from the lower border of the pubic symphysis to the last coccygeal joint. Mobile landmarks are:

- bladder neck for the anterior compartment;
- uterine cervix, or vaginal vault in the case of hysterectomy, for the middle compartment;
- anterior rectal wall and anorectal junction for the posterior compartment;
- pouch of Douglas for the peritoneal compartment [4, 5].

On dynamic sequences, descent of one or more of the mobile landmarks below the PCL is considered pathological. Prolapse is measured by drawing a line perpendicular to the PCL, passing through the mobile landmarks.

The MR classification of pelvic prolapse derives from clinical classifications and is summarised in Table 1. The other pathological conditions assessed are listed below [1, 6–10]:

- descending perineum: the anorectal junction, point of intersection between the lines drawn along the posterior profile of the rectum and the central axis of the anal canal, descends >5 cm below the PCL during straining or defecation;
- rectal prolapse: rectoanal invagination, which may be defined as internal or external; internal rectal prolapse, also called intussusception, may be classified as internal intrarectal prolapse if the invagination is limited to the rectum or as internal intra-anal prolapse if the apex enters the anal canal and remains inside it during straining; external rectal prolapse is invagination of the rectal wall through the anal canal, and the diagnosis is clinical.

Physiologically, the anorectal angle (ARA), formed by the two lines that identify the anorectal junction, ranges between 90° and 110°. During anal sphincter contraction, there is elevation of the pelvic organs with respect to the PCL, together with a 15–20° reduction of the ARA (result-

*le immagini RM è avvenuta sul monitor di una workstation picture archiving and communications system (PACS), per le sequenze dinamiche è stata utilizzata anche la modalità cine-loop. Le misurazioni del grado dei prolapsi sono state effettuate utilizzando dei reperi elettronici; ogni misurazione è stata eseguita tre volte ed è stata espressa come valore medio. I risultati della RM sono stati confrontati con quelli della DT, considerata come standard di riferimento.*

#### Grado dei prolapsi e misurazioni

*La valutazione delle sequenze dinamiche è stata condotta sull'analisi della posizione degli organi pelvici rispetto a dei punti di reperi a riposo, durante contrazione, ponzamento e defecazione. Tali punti di reperi si distinguono in fissi e mobili. I punti di reperi fissi sono rappresentati dalla linea pubo-coccigea che si estende dal margine inferiore della sinfisi pubica all'ultima articolazione coccigea. I punti di reperi mobili sono rappresentati da:*

- collo vescicale per il compartimento anteriore;
- cervice uterina, o cupola vaginale in caso di isterectomia, per il compartimento intermedio;
- parete rettale anteriore e giunzione ano-rettale per il compartimento posteriore;
- cavo del Douglas per il compartimento peritoneale [4, 5].

*Nelle sequenze dinamiche la discesa di uno o più punti di reperi mobili al di sotto della linea pubo-coccigea è considerata patologica. La misurazione dei prolapsi si effettua tracciando una linea perpendicolare alla linea pubo-coccigea, passante per i punti di reperi mobili.*

*La classificazione RM dei prolapsi pelvici deriva da quelle cliniche ed è riassunta nella Tabella 1. Le altre condizioni patologiche prese in esame sono elencate di seguito [1, 6–10]:*

- *perineo discendente: la giunzione ano-rettale, punto di intersezione fra le linee tracciate lungo il profilo posteriore del retto e lungo l'asse centrale del canale anale, discende di oltre 5 cm al di sotto della linea pubo-coccigea sotto ponzamento o durante la defecazione;*
- *prolasso rettale: invaginazione della parete rettale. Può essere distinto in interno ed esterno. Il prolasso rettale interno, chiamato anche intussuscezione, può essere classificato come prolasso interno intra-rettale se l'invaginazione è confinata al retto, o come prolasso interno intra-ale se il suo apice penetra nel canale anale e rimane al suo interno sotto ponzamento. Il prolasso rettale esterno è un'invaginazione della parete rettale attraverso il canale anale e rappresenta una diagnosi clinica.*

*In condizioni fisiologiche l'angolo ano-rettale (ARA, compreso fra le due linee che identificano la giunzione ano-rettale) si mantiene fra 90° e 110°. Durante la contrazione dello sfintere anale si osserva l'elevazione degli orga-*

**Table 1** Grading system for findings at magnetic resonance imaging

Finding	Grade I	Grade II	Grade III
Cervical cystoptosis	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Hysteroptosis	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Peritoneocele	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Anterior rectocele	<2 cm	2–4 cm	>4 cm

\*Descent below pubococcygeal line

**Tabella 1** Gradi dei prolapsi in risonanza magnetica

Patologia	I grado	II grado	III grado
Cervicocistoptosi	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Isteroptosi	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Peritoneocele	<3 cm*	3–6 cm*	>6 cm*
Rettocele anteriore	<2 cm	2–4 cm	>4 cm

\*Discesa al di sotto della linea pubo-coccigea

ing from contraction of the puborectal muscle). ARA reduction  $<10^\circ$  is considered pathological (sphincter hypotonia). During straining and defecation, the ARA widens on account of the reflex inhibition of the puborectal muscle, with a  $15\text{--}20^\circ$  increase compared with the angle measured at rest [11]. In the case of spastic pelvic floor syndrome (anismus, pelvic floor dyssynergia), during evacuation, the ARA tends to become more acute rather than obtuse, which indicates a failed release of the puborectal muscle [12].

### Statistical analysis

Data from static sequences used for morphological assessment of the levator ani muscle were analysed first. Then analysis considered dynamic MR sequences and their comparison with the reference standard CD. Dynamic sequences (SSFSE and FIESTA) were as considered a single entity. To assess the impact of the evacuation phase on the final diagnosis, we initially considered all phases (contraction, rest, straining on SSFSE; and contraction, rest, straining and evacuation on FIESTA), which were indicated as MR with evacuation phase (MRWEP). Later, the evacuation phase was excluded from the analysis (contraction, rest and straining phases on SSFSE and FIESTA sequences), indicated as MR without evacuation phase (MRWOEP). Therefore, CD was compared with MRWEP and with MRWOEP. The comparison took into account the following clinical–pathological conditions: sphincter hypotonia, pelvic floor dyssynergia, rectocele, rectal prolapse (including intussusception), enterocele and descending perineum. For each patient, the presence and extent of the disorder were assessed.

Diagnostic capabilities of MR with and without evacuation phase compared with the reference standard were assessed by measuring accuracy, sensitivity, specificity and positive (PPV) and negative (NPV) predictive values. This analysis considered the presence or absence of the disorder irrespective of severity. Statistical differences among the three methods were assessed using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by post hoc tests (Duncan's test) as needed. For the other clinical–pathological conditions detected on MR examination only (peritoneocele, cervical cystoptosis, hysteroptosis), we compared MRWEP and MRWOEP. Any differences between the two techniques were assessed using one-way ANOVA. In view of the frequent involvement of multiple compartments in pelvic floor disorders, for each patient, we assessed the number and type of compartments involved on the basis of findings of MRWEP and MRWOEP.

### Results

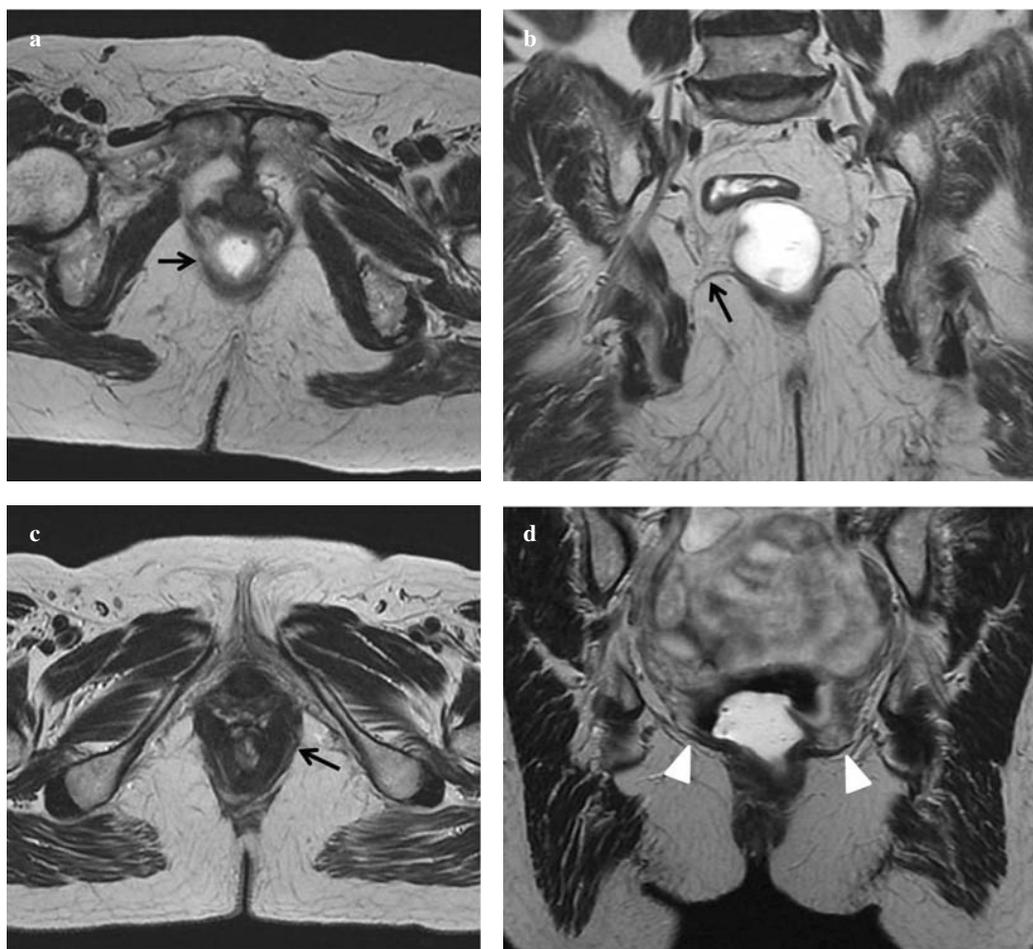
In all 19 patients, pelvic MR imaging was completed suc-

*ni pelvici rispetto alla linea pubo-coccigea e la riduzione dell'ARA di  $15^\circ\text{--}20^\circ$  (dovuta alla contrazione del muscolo pubo-rettale). Una riduzione dell'ARA inferiore a  $10^\circ$  è considerata patologica (ipotonia sfinteriale). Durante ponzamento e defecazione l'ARA si apre per l'inibizione riflessa del muscolo puborettale, aumentando di  $15^\circ\text{--}20^\circ$  rispetto ai valori osservati a riposo [11]. Nella sindrome da spasticità del pavimento pelvico (anismus, dissinergia del pavimento pelvico) durante l'evacuazione l'ARA tende a diventare più acuto anziché ottuso, espressione del mancato rilasciamento del muscolo puborettale [12].*

### Analisi statistica

*Una prima analisi dei dati ha riguardato le sequenze statiche sulle quali è stata effettuata una valutazione morfologica del muscolo elevatore dell'ano. Una seconda valutazione ha riguardato le sequenze dinamiche dell'esame RM ed il loro confronto con la DT considerata come standard di riferimento. Le sequenze dinamiche (SSFSE e FIESTA) sono state considerate come un'unica entità. Al fine di valutare la rilevanza della fase di evacuazione sulla diagnosi finale, sono state inizialmente prese in esame tutte le fasi eseguite (contrazione, riposo, ponzamento per le SSFSE e contrazione, riposo, ponzamento ed evacuazione per le FIESTA) indicandole con il termine: RM con fase di evacuazione; successivamente la fase di evacuazione è stata esclusa dalla valutazione (fasi di contrazione, riposo e ponzamento per le SSFSE e per le FIESTA): RM senza fase di evacuazione. Pertanto la DT è stata confrontata con la RM con fase di evacuazione e con la RM senza fase di evacuazione. Il confronto tra le metodiche ha riguardato le seguenti condizioni clinico-patologiche: ipotonia sfinteriale, dissinergia del pavimento pelvico, rettocele, prolasso rettale (comprendente anche l'intussuscezione), enterocele, perineo discendente. Per ogni paziente è stata valutata la presenza della patologia ed il suo grado.*

*Le capacità diagnostiche della RM con e senza fase di evacuazione nei confronti dello standard di riferimento sono state valutate calcolando accuratezza, sensibilità, specificità, valore predittivo positivo e negativo. In tale valutazione è stata considerata la presenza o meno di patologia a prescindere dal grado della stessa. La presenza di eventuali differenze statistiche tra le tre metodiche prese in esame è stata analizzata attraverso l'utilizzo dell'analisi della varianza (ANOVA) a una via seguita da confronti post-hoc (test di Duncan) quando necessari. Per le altre condizioni clinico-patologiche rilevabili solo con esame RM: peritoneocele, cervicocistoptosi ed isteroptosi è stato effettuato un confronto tra RM con fase di evacuazione ed RM senza fase di evacuazione. La presenza di eventuali differenze tra le due metodiche prese in esame è stata analizzata attraverso l'utilizzo di ANOVA a una via. Dato il frequente coinvolgi-*



**Fig. 1a-d** Morphological findings. **a** Static axial T2-weighted FSE MR image: hypotrophy of puborectalis muscle (arrow); **b** static coronal T2-weighted FSE MR image: hypotrophy of iliococcygeus muscle (arrow); **c** static axial T2-weighted FSE MR image: thickened puborectalis muscle (arrow); **d** static coronal T2-weighted FSE MR image: curve inversion of iliococcygeal fascicles (arrowheads).

**Fig. 1a-d** Reperti morfologici. **a** Immagine assiale statica RM FSE T2-pesata: ipotrofia del muscolo puborettale (freccia). **b** Immagine coronale statica RM FSE T2-pesata: ipotrofia del muscolo ileo coccigeo (freccia). **c** Immagine assiale statica RM FSE T2-pesata: ipertrofia del muscolo puborettale (freccia). **d** Immagine coronale statica RM FSE T2-pesata: inversione bilaterale della convessità del muscolo ileo-coccigeo (teste di freccia).

cessfully, and all sequences were used for image analysis. No claustrophobic reaction was reported by any of the patients.

#### Static sequences: morphological findings

Static sequences were used to assess the morphology of the levator ani muscle. This was found to be normal in 11/19 patients (58%). In the remaining eight patients (42%), the following abnormalities were observed: hypotrophy of both the puborectalis and iliococcygeus components in 4/19 patients (21%) (Fig. 1a,b), hypertrophy of the puborectalis in 1/19 patients (5%) (Fig. 1c), hypotrophy of the iliococcygeus in 3/19 patients (15%), associated with inverted convexity of the muscle in two cases (Fig. 1d).

#### Dynamic sequences: comparison between conventional and MR defecography

CD revealed four cases of sphincter hypotonia, all of which were identified on MR both with and without the evacuation phase. CD identified five cases of pelvic floor dyssynergia, all detected by MR both with and without the evacu-

mento multicompartimentale delle alterazioni del pavimento pelvico, per ogni paziente è stato valutato il numero e il tipo di compartimenti interessati sulla base dei reperti RM sia con fase di evacuazione che senza fase di evacuazione.

#### Risultati

In tutti i 19 pazienti l'esame RM della pelvi è stato eseguito in modo completo. Tutte le sequenze effettuate sono state pertanto utilizzate nell'analisi delle immagini. Nessuna reazione claustrofobica è stata riscontrata nei pazienti sottoposti ad esame RM.

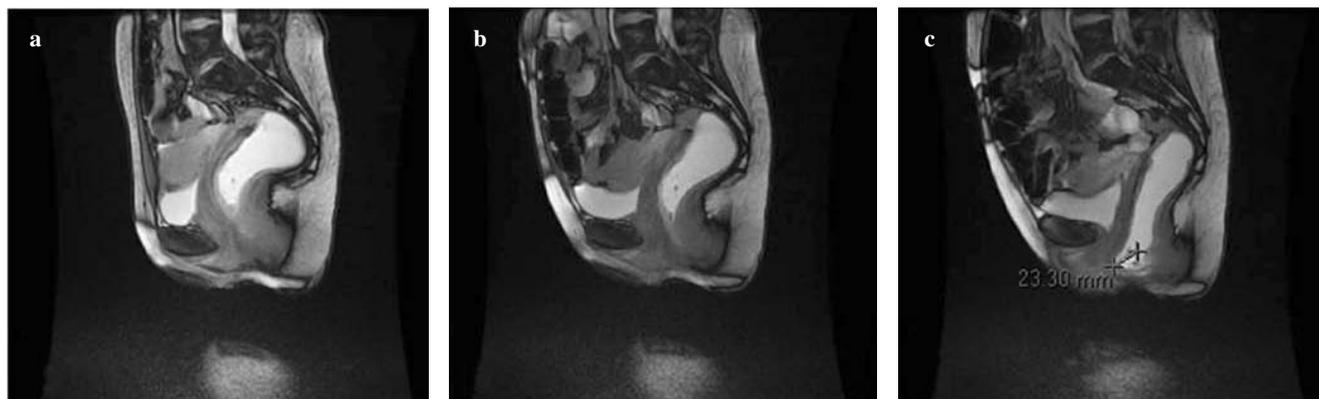
#### Sequenze statiche: reperti morfologici

Sulle sequenze statiche è stata valutata la morfologia del muscolo elevatore dell'ano. Questa è stata considerata normale in 11/19 pazienti (58%). Nei restanti 8 pazienti (42%) sono state riscontrate le seguenti alterazioni dell'elevatore dell'ano: ipotrofia di entrambe le componenti puborettale ed ileo-coccigea in 4/19 pazienti (21%) (Fig. 1a,b), ipertrofia del muscolo puborettale in 1/19 pazienti (5%) (Fig. 1c),



**Fig. 2a-c** Pelvic floor dyssynergia. Midsagittal FIESTA MR images obtained at rest (**a**), during straining (**b**) and during evacuation (**c**). During the straining (**b**) and evacuation (**c**) phases, the anorectal angle becomes more acute rather than obtuse due to the lack of puborectalis muscle relaxation.

*Fig. 2a-c Dissinergia del pavimento pelvico. Immagini RM FIESTA, ottenute sul piano sagittale mediano a riposo (a), sotto ponzamento (b) e durante evacuazione (c). Durante le fasi di ponzamento (b) e di evacuazione (c) l'angolo ano-rettale tende a diventare più acuto anziché ottuso, espressione del mancato rilassamento del muscolo puborettale.*



**Fig. 3a-c** Anterior rectocele. Midsagittal FIESTA MR images obtained at rest (**a**), during straining (**b**) and during evacuation (**c**). The evacuation phase (**c**) shows anterior rectocele undetectable in the straining phase (**b**).

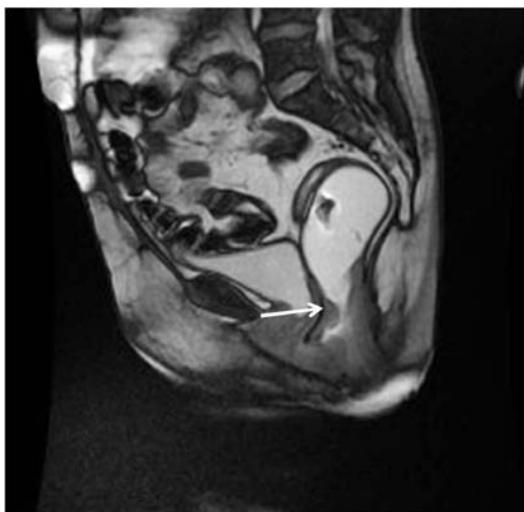
*Fig. 3a-c Rettocele anteriore. Immagini RM FIESTA, ottenute sul piano sagittale mediano a riposo (a), sotto ponzamento (b) e durante evacuazione (c). In fase di evacuazione (c) si riconosce un rettocele anteriore non apprezzabile in fase di ponzamento (b).*

ation phase (Fig. 2). CD identified 15 anterior rectoceles: five grade I, nine grade II, one grade III. All 15 rectoceles revealed by CD were also detected on MRWEP, which classified them as follows: seven grade I and eight grade II (Fig. 3). MRWOEP identified six rectoceles, five of which were grade I and one grade II. CD revealed ten rectal prolapses, of which nine were identified on MRWEP (Fig. 4) and only one on MRWOEP. CD revealed two enteroceles: one grade I and one grade II. Both were also identified by MRWEP, which staged the grade I enterocele correctly but understaged the grade II enterocele as grade I. Neither enterocele was identified on MRWOEP. CD showed seven cases of descending perineum; two of these were detected on MRWEP (Fig. 5) and none on MRWOEP. Results

*ipotrofia del muscolo ileo-coccigeo in 3/19 pazienti (15%), che in 2 casi si associava ad inversione della convessità dello stesso (Fig. 1d).*

#### Sequenze dinamiche: confronto defecografia-RM

*La DT ha individuato 4 casi di ipotonia sfinteriale, tutti i casi sono stati identificati anche dalla RM sia con fase di evacuazione che senza fase di evacuazione. La DT ha riscontrato 5 casi di dissinergia del pavimento pelvico, tutti evidenziati anche in corso di esame RM sia con fase di evacuazione che senza fase di evacuazione (Fig. 2). La DT ha messo in evidenza 15 rettoceli anteriori: 5 di I grado, 9 di II grado ed 1 di III grado. Tutti i 15 rettoceli identificati*



**Fig. 4** Rectal prolapse. Midsagittal FIESTA MR image obtained during evacuation shows an internal rectal prolapse: invagination of the rectal wall is confined to the rectum (arrow).

**Fig. 4** Prolasso rettale. L'immagine RM FIESTA, ottenuta sul piano sagittale mediano durante evacuazione, mostra un prolasso interno intrarettale: l'invaginazione della parete rettale è confinata al retto (freccia).



**Fig. 5** Descending perineum. Midsagittal FIESTA MR image, obtained during evacuation. The anorectal junction (arrow) descends >5 cm below the pubococcygeal line (line). Note the associated cystocele (arrowhead).

**Fig. 5** Perineo discendente. Immagine RM FIESTA, ottenuta sul piano sagittale mediano durante evacuazione. La giunzione ano-rettale (freccia) discende di oltre 5 cm al di sotto della linea pubo-coccigea (linea). Da notare la concomitante presenza di un cistocele (testa di freccia).

of the statistical analysis of these data are summarised in Tables 2 and 3.

The cases of peritoneocele and the study of the anterior and middle compartments could not be assessed on entero-defecography, so data regard MR imaging only. MRWEP identified three cases of peritoneocele: two grade I and one

dalla DT sono stati evidenziati anche dalla RM con fase di evacuazione che li ha classificati nel seguente modo: 7 di I grado ed 8 di II grado (Fig. 3). La RM senza fase di evacuazione ha identificato 6 rettoceli di cui 5 di I grado ed 1 di II grado. La DT ha evidenziato 10 prolassi rettali, di questi la RM con fase di evacuazione ne ha identificati 9 (Fig. 4), la RM senza fase di evacuazione ne ha identificato 1. La DT ha evidenziato 2 enteroceli: 1 di I grado ed 1 di II grado, entrambi sono stati evidenziati dalla RM con fase di evacuazione che ha stadato correttamente l'enterocele di I grado e ha sottostadiato l'enterocele di II grado della DT come I grado. Nessun enterocele è stato identificato dalla RM senza fase di evacuazione. La DT ha messo in evidenza 7 casi di perineo discendente, di questi la RM con fase di evacuazione ne ha identificati 2 (Fig. 5), mentre nessun caso è stato evidenziato dalla RM senza fase di evacuazione. L'analisi statistica dei dati appena esposti ha portato ai risultati riassunti nelle Tabelle 2 e 3.

Per i casi di peritoneocele e per lo studio dei compartimenti anteriore e medio, non valutabili con la entero-defecografia, i dati riguardano solo l'esame RM. La RM con fase di evacuazione ha evidenziato 3 casi di peritoneocele, 2 di I grado ed 1 di II grado, nessuno dei quali è stato identificato nella RM senza fase di evacuazione. La RM con fase di evacuazione ha messo in evidenza 11 casi di cervicocistoptosi di cui 10 di I grado ed 1 di II grado (Fig. 6a); la RM senza fase di evacuazione ha identificato 3 di questi casi sottostadiando il caso di II grado che è stato valutato come I. La RM con fase di evacuazione ha evidenziato 5 casi di isteroptosi, tutti di I grado (Fig. 6b), nessuno dei quali è stato identificato nelle immagini RM senza fase di evacuazione. L'analisi statistica dei dati ha portato ai risultati riassunti nella Tabella 4. La valutazione mediante RM con fase di evacuazione ed RM senza fase di evacuazione del numero e del tipo di compartimenti interessati da alterazioni per numero di pazienti ha portato ai risultati esposti nella Tabella 5.

## Discussione

Nella patologia del pavimento pelvico l'esame clinico accompagnato da un'accurata anamnesi rappresenta tutt'oggi l'elemento fondamentale della diagnosi [1]; a questo si associano diversi test fisiologici e metodiche di imaging come la defecografia tradizionale e la RM. Negli ultimi anni l'impiego della RM ha subito un notevole incremento grazie alle sequenze veloci indispensabili nell'esecuzione della fase dinamica. In tale fase, infatti, il requisito fondamentale delle sequenze è rappresentato dall'elevata risoluzione temporale. In letteratura le sequenze utilizzate nella fase dinamica sono: sequenze T1-pesate fast spoiled gradient-echo, sequenze T2-pesate SSFSE, sequenze nello stato sta-

**Table 2** Statistical analysis: accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) of magnetic resonance (MR) imaging with and without evacuation phase in the diagnostic evaluation of the different clinicopathological conditions

Condition	Accuracy (%)		Sensitivity (%)		Specificity (%)		PPV (%)		NPV (%)	
	MRWEP	MRWOEP	MRWEP	MRWOEP	MRWEP	MRWOEP	MRWEP	MRWOEP	MRWEP	MRWOEP
Sphincter hypotonia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dyssynergia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rectocele	100	52.6	100	40 (15.2–64.8)*	100	100	100	100	100	30.8
Rectal prolapse	94.7	52.6	90 (71.4–108.6)*	10 (8.6–28.6)*	100	100	100	100	90	50
Enterocoele	100	89.5	100	0	100	100	100	100	100	89.5
Descending perineum	73.7	63.2	28.6 (4.9–62)*	0	100	100	100	100	70.6	63.2

MRWEP, MR with evacuation phase; MRWOEP, MR without evacuation phase; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value

\*Confidence interval limits

**Tabella 2** Analisi statistica. Accuratezza, sensibilità, specificità, valore predittivo positivo (VPP) e valore predittivo negativo (VPN) della risonanza magnetica con fase di evacuazione (RMCE) e della risonanza magnetica senza fase di evacuazione (RMSE) nella valutazione diagnostica di diverse condizioni clinico-patologiche

Patologia	Accuratezza (%)		Sensibilità (%)		Specificità (%)		VPP (%)		VPN (%)	
	RMCE	RMSE	RMCE	RMSE	RMCE	RMSE	RMCE	RMSE	RMCE	RMSE
Ipotonia sfinteriale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dissinergia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rettocele	100	52.6	100	40 (15.2–64.8)*	100	100	100	100	100	30.8
Prolasso rettale	94.7	52.6	90 (71.4–108.6)*	10 (8.6–28.6)*	100	100	100	100	90	50
Enterocoele	100	89.5	100	0	100	100	100	100	100	89.5
Perineo discendente	73.7	63.2	28.6 (4.9–62)*	0	100	100	100	100	70.6	63.2

\*Intervallo di confidenza

**Table 3** Statistical analysis. Comparison [one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's test] of conventional defecography (CD), magnetic resonance (MR) imaging with (MRWEP) and without (MRWOEP) evacuation phase in the diagnostic evaluation of the different clinical and pathological conditions

Condition	ANOVA CD vs. MRWEP vs. MRWOEP	Post-hoc comparison (Duncan's test)		
		CD vs. MRWEP	CD vs. MRWOEP	MRWEP vs. MRWOEP
Sphincter hypotonia	$p=1$	–	–	–
Dyssynergia	$p=1$	–	–	–
Rectocele	$p=0.0015$	$p=1$	$p=0.002$	$p=0.002$
Rectal prolapse	$p=0.0015$	$p=1$	$p=0.002$	$p=0.002$
Enterocoele	$p=0.35$	–	–	–
Descending perineum	$p=0.005$	$p=0.002$	$p=0.002$	$p=0.3$

**Tabella 3** Analisi statistica. Confronto statistico [analisi della varianza (ANOVA) a una via e test di Duncan] dei risultati della defecografia tradizionale (DT), risonanza magnetica con fase di evacuazione (RMCE) e risonanza magnetica senza fase di evacuazione (RMSE) nella valutazione diagnostica di diverse condizioni clinico-patologiche

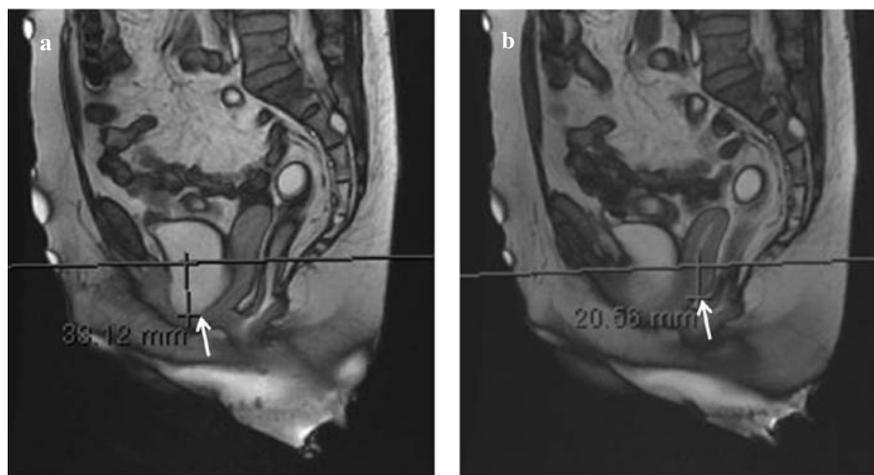
Patologia	ANOVA DT vs. RMCE vs. RMSE	Confronti post-hoc (test di Duncan)		
		DT vs. RMCE	DT vs. RMSE	RMCE vs. RMSE
Ipotonia sfinteriale	$p=1$	–	–	–
Dissinergia	$p=1$	–	–	–
Rettocele	$p=0,0015$	$p=1$	$p=0,002$	$p=0,002$
Prolasso rettale	$p=0,0015$	$p=1$	$p=0,002$	$p=0,002$
Enterocoele	$p=0,35$	–	–	–
Perineo discendente	$p=0,005$	$p=0,002$	$p=0,002$	$p=0,3$

grade II, none of which was identified on MRWOEP. MRWEP depicted 11 cases of cervical cystoptosis, ten of which were grade I and one grade II (Fig. 6a); MRWOEP identified three of these cases but understaged the grade II case as a grade I. MRWEP showed five cases of hysteroptosis, all grade I (Fig. 6b); none of them was identified on MRWOEP. Statistical analysis of these findings are summarised in Table 4. Analysis of the number and type of compartments showing abnormalities on MRWEP and MRWOEP and the number of patients affected is reported in Table 5.

## Discussion

In pelvic floor disorders, clinical examination coupled with careful patient history remains the mainstay of the diagnosis [1]; these are combined with physiological tests and imaging techniques, such as conventional defecography and MR imaging. In recent years, the use of MR imaging has markedly increased, thanks to fast sequences. Fast imaging is crucial for the dynamic phase, which requires a high temporal resolution. The reported sequences used during the dynamic phase include T1-weighted FSE, T2-weighted SSFSE and FIESTA. In our study, we used SSFSE and FIESTA sequences, which are capable of revealing hyperintense fluid contents (water-sensitive sequences). These se-

quenze a pesatura ibrida (FIESTA). Nel nostro studio per l'esame dinamico abbiamo utilizzato sequenze SSFSE e FIESTA nelle quali i fluidi appaiono iperintensi (sequenze water sensitive). Tali sequenze sono dotate di un'eccellente risoluzione di contrasto: la parete degli organi cavi (vescica, retto) è ipointensa e contrasta nettamente con i fluidi contenuti all'interno dei visceri e con il tessuto adiposo periviscerale, entrambi iperintensi; ciò consente un'ottimale distinzione dei compartimenti pelvici sul piano sagittale. Le sequenze SSFSE presentano tempi di acquisizione rapidi (0,5–2,5 secondi per immagine), ma il loro utilizzo richiede un intervallo di circa 1–2 secondi fra un'acquisizione e l'altra per consentire il recupero T1 ed evitare la saturazione dei fluidi; ciò ne limita la risoluzione temporale e rende impossibile effettuare un imaging in real-time. Le sequenze FIESTA sono caratterizzate da una pesatura ibrida T2/T1 e presentano un contrasto T2 lievemente inferiore alle SSFSE a causa della parziale pesatura T1; i tempi di acquisizione sono più rapidi (minori di 1 s) e, a differenza delle SSFSE, non necessitano di una pausa fra le acquisizioni per il recupero T1. Ciò consente di acquisire le immagini in modalità multifase ottenendo un imaging in real-time [13]. Per tale motivo abbiamo utilizzato una sequenza FIESTA (1 immagine/s) nella fase di evacuazione in modo da consentire al paziente di raggiungere il massimo grado di sforzo durante il ponzamento.



**Fig. 6a** Cervical cystoptosis. Midsagittal FIESTA MR image obtained during evacuation. The bladder base (arrow) descends >3 cm below the pubococcygeal line (line); stage II cervical cystoptosis. Hysteroptosis (b). Midsagittal FIESTA MR image obtained during evacuation. Descent of the uterine cervix (arrow) below the pubococcygeal line (line).

**Fig. 6a** Cervicocistoptosi. Immagine RM FIESTA, ottenuta sul piano sagittale mediano durante evacuazione. La base della vescica (freccia) discende di oltre 3 cm al di sotto della linea pubococcigea (linea); cervicocistoptosi di II grado. b Isteroptosi. Immagine RM FIESTA, ottenuta sul piano sagittale mediano durante evacuazione. La cervice uterina (freccia) discende al di sotto della linea pubo-coccigea (linea).

quences provide excellent contrast resolution: the wall of the hollow organs (bladder, rectum) appears hypointense, contrasting markedly with the hyperintensity of the fluid in the bowel and with the perivisceral fat; this allows excellent depiction of pelvic compartments in the sagittal plane. SSFSE sequences have fast acquisition times (0.5–2.5 s per image), but their use requires 1- to 2-s intervals between acquisitions to permit T1 recovery and prevent fluid saturation; this reduces the temporal resolution and precludes real-time imaging. FIESTA sequences are characterised by hybrid T2-T1 weighting and have a slightly lower T2 contrast compared with SSFSE as a result of partial T1 weighting; acquisition times are faster (shorter than 1 s) and, unlike SSFSE, do not require any interval between acquisitions for T1 recovery. This allows for multiphase acquisitions and real-time imaging [13]. We therefore used a FIESTA sequence (one image) during the evacuation phase to allow the patient to achieve the maximal degree of effort during straining.

The choice of sequences and intracavitary contrast material are closely connected. The use of water-sensitive sequences led us to use a water-like contrast agent (ultrasound gel), which has a signal intensity equivalent to that of fluid; this allowed us to opacify the rectum only, taking advantage of the natural contrast provided by urine.

In our protocol, the dynamic phase was preceded by a static phase. This phase was obtained with a T2-weighted FSE sequence in the three spatial planes, in which high spatial resolution provided accurate morphological assessment of the levator ani. Although axial T1-weighted sequences are also important, we believe T2-weighted sequences to have higher contrast resolution in the study of the pelvic region. Combination of a static and dynamic phase allowed us to identify the morphological and functional abnormalities that often contribute to the pathogenesis of pelvic floor disorders [3] and outlet obstruction syndrome.

**Table 4** Statistical analysis. Comparison [one-way analysis of variance (ANOVA)] of magnetic resonance (MR) imaging with and without evacuation phase in the diagnostic evaluation of the different clinical and pathological conditions

Condition	MRWEP vs. MRWOEP
Peritoneocele	$p=0.074$
Cervical cystoptosis	$p=0.006$
Hysteroptosis	$p=0.016$

MRWEP, MR with evacuation phase; MRWOEP, MR without evacuation phase

**Tabella 4** Analisi statistica. Confronto statistico [analisi della varianza (ANOVA) a una via] dei risultati della risonanza magnetica con fase di evacuazione (RMCE) e della risonanza magnetica senza fase di evacuazione (RMSE) nella valutazione diagnostica di diverse condizioni clinico-patologiche

Patologia	RMCE vs. RMSE
Peritoneocele	$p=0,074$
Cervicocistoptosi	$p=0,006$
Isteroptosi	$p=0,016$

La scelta delle sequenze e del mezzo di contrasto endocavitario sono strettamente legate. L'utilizzo di sequenze water sensitive ci ha indotto ad utilizzare un mezzo di contrasto water like (gel ecografico) con intensità di segnale uguale a quella dei fluidi; questo ci ha consentito di opacizzare soltanto il retto, sfruttando peraltro il contrasto naturale dell'urina.

Nel nostro protocollo la fase dinamica è preceduta da una fase statica. Per tale fase abbiamo utilizzato una sequenza FSE T2-pesata eseguita sui tre piani dello spazio, la cui elevata risoluzione spaziale ha consentito un'accurata valutazione morfologica del muscolo elevatore dell'ano. Tra le sequenze statiche sono ritenute importanti anche le sequenze T1-pesate nel piano assiale; a nostro giudizio

**Table 5** Evaluation of the number and type of affected compartments by number of patients, as assessed with magnetic resonance (MR) imaging with (MRWEP) and without (MRWOEP) evacuation phase

Compartments	Patients (n)	
	MRWEP	MRWOEP
4 compartments	0	0
3 compartments	8	0
2 compartments	4	1
1 compartment	7	12
Anterior compartment	11	3
Middle compartment	5	0
Peritoneal compartment	5	0
Posterior compartment	18	11

**Tabella 5** Valutazione del numero e del tipo di compartimenti interessati da alterazioni per numero di pazienti, mediante risonanza magnetica con fase di evacuazione (RMCE) e risonanza magnetica senza fase di evacuazione (RMSE)

Compartimenti	Pazienti (n)	
	RMCE	RMSE
4 compartimenti	0	0
3 compartimenti	8	0
2 compartimenti	4	1
1 compartimento	7	12
Compartimento anteriore	11	3
Compartimento medio	5	0
Compartimento peritoneale	5	0
Compartimento posteriore	18	11

The first studies on pelvic floor MR imaging date back to 1991 [10, 14]. Since then, several authors have compared the diagnostic effectiveness of MR imaging and clinical examination and/or CD, with conflicting results. Torricelli et al. [15] compared MR imaging with clinical examination in patients with pelvic floor abnormalities and found that MR imaging has higher sensitivity in the diagnosis of prolapse. Lienemann et al. [16] reported that MR imaging was superior to dynamic fluoroscopy and suggested its use as an alternative, as it was able to provide simultaneous depiction of all pelvic compartments in a noninvasive manner. In our opinion, their study is limited by the fact that no evacuation phase was acquired. In a study conducted by Vanbeckevoort et al. [17], MR imaging was less accurate than cystocolpodefecography owing to numerous false negative findings, probably resulting from supine imaging and lack of the evacuation phase. Kelvin et al. [3] compared MR cystocolpoproctography with fluoroscopic cystocolpoproctography, both performed with triphasic dynamic acquisitions including a postevacuation phase. The two modalities had similar results in detecting and estimating the extent of prolapse. Furthermore, the postevacuation phase allows comparison of competition between prolapsed organs [18]. In a study

però, nello studio del distretto pelvico, le sequenze T2-pesate presentano una risoluzione di contrasto superiore rispetto alle T1. L'associazione delle fasi statica e dinamica ci ha permesso di identificare la presenza di alterazioni morfologiche e funzionali che spesso concorrono nella patogenesi delle disfunzioni del pavimento pelvico [3] e della sindrome da defecazione ostruita.

I primi studi sul pavimento pelvico con RM risalgono al 1991 [10, 14]. Da allora numerosi autori hanno confrontato l'efficacia diagnostica della RM con quella dell'esame clinico e/o della DT mostrando risultati discordanti. Torricelli et al. [15] hanno confrontato la RM con l'esame clinico in pazienti con alterazioni del pavimento pelvico riscontrando una maggiore sensibilità della RM nella diagnosi dei prolassi. Lienemann et al. [16] hanno riscontrato una superiorità della RM nei confronti della fluoroscopia dinamica e hanno proposto la RM come alternativa alla fluoroscopia per la sua capacità di visualizzare simultaneamente tutti i compartimenti pelvici in maniera non invasiva. A nostro giudizio lo studio presenta il limite della mancata esecuzione della fase evacuativa. In uno studio condotto da Vanbeckevoort et al. [17], la RM è risultata meno accurata della cistocolpodefecografia presentando un alto numero di falsi negativi, probabilmente in relazione al decubito supino ed alla mancata esecuzione della fase di evacuazione. Kelvin et al. [3] hanno confrontato la cistocolpoproctografia RM con la cistocolpoproctografia fluoroscopica. Entrambi gli esami sono stati eseguiti con modalità trifasica includendo una fase post-evacuativa. Le due tecniche hanno mostrato risultati concordanti nella valutazione della presenza e del grado dei prolassi. La fase postevacuativa ha permesso inoltre di valutare la competizione fra i prolassi [18]. Recentemente in uno studio condotto su 1142 pazienti Cappabianca et al. [19] hanno confrontato l'efficacia diagnostica della defecografia-RM con la entero-colpo-cisto-defecografia (ECCD) nella valutazione delle ernie del pavimento pelvico riscontrando una maggiore sensibilità della ECCD nell'evidenziare il contenuto delle ernie, probabilmente in relazione al decubito supino dei pazienti nel magnete.

Non tutti i protocolli esistenti in letteratura, prevedono l'esecuzione di sequenze statiche sui tre piani dello spazio. Nel nostro studio abbiamo confrontato le capacità diagnostiche della RM con quelle della DT nella sindrome da defecazione ostruita adottando un protocollo RM che consentisse un accurato studio morfologico con sequenze statiche ed uno studio funzionale con sequenze dinamiche. Dal momento che non tutti gli autori eseguono la fase di evacuazione abbiamo cercato di valutare il contributo della fase evacuativa dell'esame RM sulla diagnosi finale.

In alcune condizioni clinico-patologiche di carattere prevalentemente funzionale come l'ipotonia sfinteriale e la dissinergia del pavimento pelvico non abbiamo riscontrato differenze fra le metodiche; la DT e la RM con e senza fase

conducted on 1,142 patients, Cappabianca et al. [19] compared the diagnostic effectiveness of MR defecography with that of entero-colpo-cysto-defecography (ECCD) to assess pelvic floor hernias and found that ECCD had higher sensitivity in depicting the content of hernias, probably as a result of the supine position of patients inside the magnet.

Not all published protocols require the acquisition of static sequences in the three spatial planes. In our study, we compared the diagnostic capabilities of MR and CD in outlet obstruction syndrome by following an MR protocol that includes an accurate morphological study based on static sequences and a functional study based on dynamic sequences. In consideration of the fact that not all authors include the evacuation phase, we attempted to verify the contribution of this MR imaging phase on the final diagnosis.

In several, especially functional, pathological conditions, such as sphincter hypotonia and pelvic floor dyssynergia, we found no significant differences between the two techniques; CD and MRWEP and MRWOEP detected the same number of cases. There are a number of reasons for this: Sphincter hypotonia is studied during the voluntary contraction phase, so the evacuation phase does not influence the diagnosis. In pelvic floor dyssynergia, persistent contraction of the puborectalis is easily identified during the straining phase, even though it becomes stronger during the subsequent evacuation phase.

In anterior rectocele studies, MRWEP identified the same number of cases as CD, even though some were understaged. MRWOEP identified 40% (6/15) of cases detected with the two other methods. In rectal prolapse studies, CD and MRWEP yielded the same results, whereas MRWOEP performed considerably worse, with only one case detected. In enterocele studies, MRWEP identified both cases revealed by CD, although it understaged one. MRWOEP identified no enterocele. It is clear that the evacuation phase is fundamental for detecting these three pathological conditions. MRWEP was less satisfactory in descending perineum studies, as it detected only 2/7 cases revealed by CD; MRWOEP detected no case. Therefore, in descending perineum studies, in addition to the evacuation phase, other fundamental factors may be patient position or contrast medium composition, which allow a greater degree of straining on CD. In anterior and middle compartment and peritoneocele studies, evaluated by MR only, MRWEP proved to be significantly superior to MRWOEP. The latter failed to identify any case of peritoneocele or hysteroptosis and only depicted 27% (3/11) of cervical cystoptosis cases seen on MRWEP. Thus, the evacuation phase also plays a fundamental role when studying these compartments. In multicompartment assessment of findings observed in our series, the posterior compartment proved to be the most frequently involved, which correlates with the clinical findings of patients referred for outlet obstruction. Even in this respect, MRWEP was su-

*di evacuazione hanno identificato lo stesso numero di casi. Ciò è dovuto ai seguenti motivi. L'ipotonia sfinteriale viene valutata in fase di contrazione volontaria, la fase di evacuazione non incide pertanto sulla diagnosi. Nella dissinergia la persistente contrazione del muscolo puborettale è facilmente identificabile già nella fase di ponzamento, sebbene si accentui nella successiva fase di evacuazione.*

*Nello studio del rettocele anteriore la RM con fase di evacuazione ha identificato lo stesso numero di casi della DT, sebbene ne abbia sottostadiati alcuni. La RM senza fase di evacuazione ha identificato il 40% (6/15) dei casi rilevati dalle altre due metodiche. Nello studio dei prolapsi rettali i risultati della DT e della RM con fase di evacuazione sono pressoché sovrapponibili, mentre decisamente inferiore risulta la capacità diagnostica della RM senza fase di evacuazione con 1 solo caso identificato. Nello studio dell'enterocele la RM con fase di evacuazione ha identificato entrambi i casi messi in evidenza dalla DT, sebbene ne abbia sottostadiato uno. Nessun caso di enterocele è stato evidenziato dalla RM senza fase di evacuazione. Si comprende come in queste ultime tre condizioni patologiche la fase di evacuazione giochi un ruolo determinante. La RM con fase di evacuazione è apparsa meno soddisfacente nello studio del perineo discendente; la metodica ha evidenziato soltanto due dei sette casi riscontrati nella DT. La RM senza fase di evacuazione non ha identificato nessun caso della suddetta patologia. Nello studio di tale condizione risulta pertanto determinate, oltre alla fase di evacuazione, probabilmente anche il decubito del paziente o la composizione del mezzo di contrasto che nell'esame tradizionale consentono di raggiungere un maggior grado di ponzamento. Nello studio dei compartimenti anteriore e medio e del peritoneocele, dove la valutazione ha riguardato solo la RM, l'esame condotto con fase di evacuazione si è dimostrato decisamente superiore a quello senza fase di evacuazione. Quest'ultimo non ha identificato nessun caso di peritoneocele e di isteroptosi ed ha evidenziato soltanto il 27% (3/11) dei casi di cervicocistoptosi evidenziati dalla RM con fase di evacuazione. Anche nello studio di tali compartimenti risulta evidente il ruolo determinante della fase di evacuazione. Nella valutazione multicompartimentale dei reperti osservati nella nostra casistica, il compartimento maggiormente coinvolto è stato quello posteriore e ciò correla con il dato clinico dei pazienti giunti alla nostra osservazione per defecazione ostruita. Anche sotto questo aspetto la RM con fase di evacuazione si è dimostrata superiore alla RM senza fase di evacuazione: la prima ha evidenziato un coinvolgimento di più compartimenti nel 63% (12/19) dei pazienti, la seconda solo nel 5% (1/19). Questi dati confermano l'estrinsecazione multicompartimentale delle patologie del pavimento pelvico. Complessivamente la RM con fase di evacuazione e la DT si sono dimostrate sostanzialmente equivalenti nella ipotonia sfinteriale, dissinergia, rettocele, prolasso rettale ed enterocele mentre la DT*

terior to MRWOEP: the former identified involvement of several compartments in 63% (12/19) and the latter only in 5% of patients (1/19). These findings confirm the multicompartiment nature of pelvic floor disorders. Overall, MRWEP and CD proved to be equivalent in detecting sphincter hypotonia, dyssynergia, rectocele, rectal prolapse and enterocele, whereas CD was superior in detecting descending perineum. MRWOEP, except in the case of sphincter hypotonia and dyssynergia, performed substantially worse than the two other methods in the study of all compartments. CD plays a key role in studying patients with pelvic floor dysfunction, even though it has several limitations: complexity of the examination and procedural invasiveness, projective imaging, failure to depict soft tissues, limited ability to detect abnormalities in the anterior and middle compartments [20, 21], exposure to ionising radiation (mean effective radiation dose >4.9 mSv) [22, 23].

MR imaging has several advantages: noninvasiveness, cross-sectional and multiplanar imaging, possibility of performing a multicompartimental study, excellent contrast resolution for soft tissues, direct depiction of muscular structures (levator ani), good temporal resolution with possibility of performing a dynamic study and absence of ionising radiation. The diagnostic capabilities of MR imaging are highly dependent on meticulous technique. Particularly important is the acquisition of all of phases of the dynamic study. Consistent with previous authors [19, 24], we found the evacuation phase to be fundamental, as it ensures high intra-abdominal pressure with complete dynamic assessment of pelvic floor disorders; conclusive findings might be missed or underestimated if the evacuation phase is omitted [17].

Our study has several some limitations. The most important is the supine position of patients during the MR examination. This position may be less suitable for identifying abnormalities compared with the sitting position adopted during CD [25, 26]. However, Fielding and Bertschinger et al. failed to find any statistically significant difference between MR imaging in the supine or sitting position [6, 27]. Kelvin et al. [3] found no significant difference between dynamic MR performed with the patient in the supine position and cystocolpoproctography in the sitting position. Furthermore, clinical assessment of the pelvic floor is performed with the patient in the supine position. Fiaschetti et al. [24] studied the capabilities of an open-configuration, low-field, titling MR system for assessing pelvic floor disorders, with patients in the supine and orthostatic positions. Imaging in the supine position was associated with an underestimation of degree of prolapse and problems acquiring the evacuation phase compared with acquisitions in the orthostatic position. A second limitation of our study is the small number of patients. In addition, we conducted defecography as enterodefecography to allow assessment of the posterior

*è risultata superiore nel perineo discendente. La RM senza fase di evacuazione, fatta eccezione per l'ipotonìa sfinteriale e la dissinergia, si è dimostrata decisamente inferiore alle altre due metodiche nello studio di tutti i compartimenti. La DT gioca un ruolo importante nella valutazione dei pazienti con disfunzione del pavimento pelvico, ma è gravata da alcuni limiti: complessità dell'esame ed invasività della preparazione, imaging proiettivo, mancata visualizzazione dei tessuti molli, ridotta capacità nell'identificare le anomalie dei compartimenti anteriore e medio [20, 21], esposizione alle radiazioni ionizzanti (dose di radiazione effettiva media di oltre 4,9 mSv) [22, 23].*

*Nonostante i limiti evidenziati dal nostro studio, la RM presenta numerosi vantaggi: non invasività, imaging tomografico e multiplanare, possibilità di effettuare uno studio multicompartimentale, eccellente risoluzione di contrasto nello studio dei tessuti molli, visualizzazione diretta delle strutture muscolari (elevator dell'ano), buona risoluzione temporale con possibilità di eseguire uno studio dinamico, assenza di radiazioni ionizzanti. Le capacità diagnostiche della RM sono comunque strettamente legate ad una tecnica rigorosa. Particolarmente rilevante è l'esecuzione di tutte le fasi dell'esame dinamico. Come sostenuto da altri autori [19, 24], anche nel nostro studio è risultata di importanza fondamentale la fase di evacuazione che assicurando un'elevata pressione intra-addominale, consente una completa valutazione dinamica delle patologie del pavimento pelvico; reperti decisivi possono essere persi o sottostimati se viene omessa la fase di defecazione [17].*

*Il nostro studio ha alcuni limiti. Il limite principale è rappresentato dalla posizione supina del paziente nell'esame RM. Tale decubito potrebbe essere meno favorevole, rispetto alla posizione assisa della DT, nell'identificazione dei reperti patologici [25, 26]. Tuttavia Fielding [6] e Bertschinger et al. [27] non hanno riscontrato differenze statisticamente significative fra gli esami RM effettuati in posizione supina e quelli in decubito assiso [6, 27]. Kelvin et al. [3] non hanno riscontrato differenze significative fra la RM dinamica eseguita in decubito supino e la cistocolpoproctografia in posizione assisa. Inoltre la valutazione clinica del pavimento pelvico avviene con il paziente in posizione supina. Recentemente Fiaschetti et al. [24] hanno valutato le capacità di un sistema RM aperto a basso campo a decubito variabile nell'esaminare i disordini del pavimento pelvico con paziente in posizione supina e in ortostatismo. È stata osservata una sottostima delle patologie e una difficoltà ad effettuare la fase evacuativa nella valutazione in decubito supino rispetto all'esame in posizione ortostatica. Un limite è costituito dal ridotto numero di pazienti presi in esame nel nostro studio. Un altro limite è legato alla modalità di esecuzione dell'esame defecografico, condotto come entero-defecografia che ha consentito la valutazione del compartimento posteriore. Il confronto DT-RM ha ri-*

compartment. As a result, comparison between CD and MR imaging involved disorders affecting the posterior compartment only, to the exclusion of those of the anterior and middle compartments.

## Conclusions

MR imaging allows both a morphological and a functional assessment of outlet obstruction syndrome. However, it cannot replace CD, which remains a fundamental diagnostic tool, especially for detecting specific pathological conditions such as descending perineum and enterocele. MR imaging is noninvasive and easy to perform. In our opinion, it should supplement CD to provide a global, noninvasive assessment of pelvic anatomy and the interaction of pelvic organs, especially in patients with multicompartiment disorder, with a view to selecting the most appropriate treatment [19] and reduce the rate of postoperative recurrence. MR examination should always incorporate all static and dynamic phases in the protocol; the diagnostic effectiveness of the modality is, above all, related to the evacuation phase, which is essential for visualising all pathological conditions and must always be included in the study protocol.

**Conflict of interest** None

## References/Bibliografia

- Bolog N, Weishaupt D (2005) Dynamic MR imaging of outlet obstruction Rom J Gastroenterol 14:293–302
- Maglante DD, Kelvin FM, Fitzgerald K et al (1999) Association of compartment defects in pelvic floor dysfunction. AJR Am J Roentgenol 172:439–444
- Kelvin FM, Maglante DD, Hale DS, Benson JT (2000) Female pelvic organ prolapse: a comparison of triphasic dynamic MR imaging and triphasic fluoroscopic cystocolpoproctography. AJR Am J Roentgenol 174:81–88
- Mondot L, Novellas S, Senni M et al (2006) Pelvic prolapse: static and dynamic MRI. Abdom Imaging 32:775–783
- Maubon A, Aubard Y, Berkane V et al (2003) Magnetic resonance imaging of the pelvic floor. Abdom Imaging 28:217–225
- Fielding JR (2002) Practical MR imaging of female pelvic floor weakness. Radiographics 22:295–304
- Roos JE, Weishaupt D, Wildermuth S et al (2002) Experience of 4 years with open MR defecography: pictorial review of anorectal anatomy and disease. Radiographics 22:817–832
- Pannu HK, Kaufman HS, Cundiff GW et al (2000) Dynamic MR imaging of pelvic organ prolapse: spectrum of abnormalities. Radiographics 20:1567–1582
- Hilfiker PR, Debatin JF, Schwizer W et al (1998) MR defecography: depiction of anorectal anatomy and pathology. J Comput Assist Tomogr 22:749–755
- Kruyt RH, Delemarre JB, Doornbos J, Vogel HJ (1991) Normal anorectum: dynamic MR imaging anatomy. Radiology 179:159–163
- Mortele KJ, Fairhurst J (2007) Dynamic MR defecography of the posterior compartment: Indications, techniques and MRI features. Eur J Radiol 61:462–472
- Halligan S, Malouf A, Bartram CI et al (2001) Predictive value of impaired evacuation at proctography in diagnosing anismus. AJR Am J Roentgenol 177:633–636
- Hecht EM, Lee VS, Tanpitukpongse TP et al (2008) MRI of pelvic floor dysfunction: dynamic true fast imaging with steady-state precession versus HASTE. AJR Am J Roentgenol 191:352–358
- Yang A, Mostwin JL, Rosenheim NB, Zerhouni EA (1991) Pelvic floor descent in women: dynamic evaluation with fast MR imaging and cinematic display. Radiology 179:25–33
- Torricelli P, Pecchi A, Caruso Lombardi A et al (2002) Magnetic resonance imaging in evaluating functional disorders of female pelvic floor. Radiol Med 103:488–500
- Lienemann A, Anthuber C, Baron A et al (1997) Dynamic MR colpocystorectography assessing pelvic-floor descent. Eur Radiol 7:1309–1317

## Conclusioni

*Attualmente la RM consente di effettuare un inquadramento diagnostico sia di tipo morfologico che funzionale della sindrome da defecazione ostruita. Non può tuttavia sostituire la DT, che rimane un esame diagnostico fondamentale soprattutto nell'evidenziare alcuni reperti patologici come il perineo discendente e l'enterocele. La RM è un esame poco invasivo e facile da eseguire. A nostro giudizio, il suo ruolo, ad integrazione della DT, può essere quello di una migliore valutazione globale non invasiva dell'anatomia pelvica e dell'interazione degli organi pelvici, soprattutto in pazienti con patologia multicompartimentale, al fine di scegliere la strategia terapeutica più corretta [19] e ridurre le recidive post-chirurgiche. L'esame RM va comunque eseguito in tutte le fasi statiche e dinamiche previste dal protocollo; l'efficacia diagnostica dell'esame è legata soprattutto alla fase evacuativa, che risulta fondamentale nell'evidenziare tutti i reperti patologici e va sempre inclusa nel protocollo d'esame.*

17. Vanbeckevoort D, Van Hoe L, Oyen R et al (1999) Pelvic floor descent in females: comparative study of colpocystodefecography and dynamic fast MR imaging. *J Magn Reson Imaging* 9:373–377
18. Lapray JF (2000) *Imaging della vescica e della dinamica pelvica nella donna*. Verduci Editore, Roma
19. Cappabianca S, Reginelli A, Iacobellis F et al (2011) Dynamic MRI defecography vs. entero-colpocystodefecography in the evaluation of midline pelvic floor hernias in female pelvic floor disorders. *Int J Colorectal Dis* 26:1191–1196
20. Shorvon PJ, Marshall MM (2005) Evacuation proctography. In: Wexner SD, Zbar AP, Pescatori M (eds) *Complex anorectal disorders: investigation and management*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 171–198
21. Altringer WE, Saclarides TJ, Dominguez JM et al (1995) Four-contrast defecography: pelvic “flooroscopy”. *Dis Colon Rectum* 38:695–699
22. Zonca G, De Thomatis A, Marchesini R et al (1997) The absorbed dose to the gonads in adult patients undergoing defecographic study by digital or traditional radiographic imaging. *Radiol Med (Torino)* 94:520–523
23. Goei R, Kemerink G (1990) Radiation dose in defecography. *Radiology* 176:137–139
24. Fiaschetti V, Squillaci E, Pastorelli D et al (2011) Dynamic MR defecography with an open-configuration, low-field, tilting MR system in patients with pelvic floor disorders. *Radiol Med* 116:620–633
25. Lamb GM, de Jode MG, Gould SW et al (2000) Upright dynamic MR defaecating proctography in an open configuration MR system. *BJR* 73:152–155
26. Schoenenberger AW, Debatin JF, Guldenschuh I et al (1998) Dynamic MR defecography with a superconducting, open configuration MR system. *Radiology* 206:641–646
27. Bertschinger KM, Hetzer FH, Roos JE et al (2002) Dynamic MR imaging of the pelvic floor performed with patient sitting in an open-magnet unit versus with patient supine in a closed-magnet unit. *Radiology* 223:501–508