

Lucia Manganaro, Valeria Vinci, Silvia Bernardo,
Matteo Saldari, Anna Lara Perrone

Parole chiave

Embriologia • RM fetale • Anatomia normale • Apparato genitourinario

10.1 Richiami embriologici

Dal punto di vista funzionale l'apparato genitourinario consta di due componenti: l'apparato genitale e quello urinario. Entrambi gli apparati si sviluppano da una porzione del mesoderma intermedio che prende il nome di cresta urogenitale e che si sviluppa ai lati dell'aorta dorsale, lungo la parete dorsale del corpo dell'embrione.

10.1.1 Apparato urinario

10.1.1.1 Rene

Lo sviluppo dell'apparato urinario inizia durante la 3^a settimana di gestazione con la comparsa del pronefro, il primo dei tre organi escretori che si susseguono nell'embrione [1]. Il pronefro rappresenta una struttura non funzionante e primordiale situata in regione cervicale che degenera intorno alla 5^a settimana. Caudalmente a esso, durante la 5^a settimana si formano i mesoneftri, organi grandi e funzionanti che suppliscono ai reni permanenti fino al completamento del loro sviluppo. Entrambi

i dotti provenienti dal pronefro, prima, e dal mesonefro, poi, si aprono nella cloaca e, in seguito all'involuzione degli organi di appartenenza, diventano i dotti efferenti dei testicoli.

Intorno alla 5^a settimana inizia lo sviluppo del rene definitivo, il metanefro, che diverrà funzionante 4 settimane dopo. Il metanefro origina da 2 abbozzi distinti: il diverticolo metanefrico o gemma ureterica e la massa metanefrica. La gemma ureterica darà origine all'uretere, alla pelvi renale, ai calici e ai tubuli collettori. All'inizio i reni definitivi sono situati nella pelvi ventralmente al sacro; durante la 9^a settimana, in accordo con la crescita dell'addome embrionale, raggiungono la loro definitiva posizione retroperitoneale a livello di D12-L3; durante tale migrazione subiscono anche una rotazione di 90° che fa sì che l'ilo renale, prima ventrale, si porti in posizione antero-mediale.

10.1.1.2 Vescica

La vescica urinaria si sviluppa, durante il 4° mese di gestazione, dalla suddivisione della cloaca per conto del setto urorettale in due regioni: il retto, dorsalmente, e il seno urogenitale, ventralmente; quest'ultimo a sua volta si divide in una parte vescicale, una parte pelvica e una parte fallica (nell'uomo).

Inizialmente, la vescica è in continuità con l'allantoide, un residuo vestigiale da cui deriva l'uraco, legamento fibroso teso tra vescica e ombelico che nell'adulto prende il nome di legamento ombelicale mediano.

L. Manganaro (✉)
Dipartimento di Scienze Radiologiche, Oncologiche e
Anatomo Patologiche
Policlinico Umberto I
"Sapienza" Università di Roma
Roma
e-mail: lucia.manganaro@uniroma1.it

Dall'unione dell'abbozzo vescicale con i dotti mesonefrici si forma il trigono vescicale; gli orifizi ureterali successivamente migrano agli angoli postero-superiori della vescica grazie alla trazione esercitata sugli stessi dall'ascesa renale.

La vescica nel neonato e nel bambino si trova nell'addome.

10.1.1.3 Surreni

Le due componenti del surrene, la corticale e la midollare, hanno origine differente: la prima si differenzia dal mesoderma, la seconda invece dalla cresta neurale.

La corticale surrenalica inizia a svilupparsi intorno alla 6^a settimana; tale abbozzo si porta postero-medialmente all'embrione e va a circondare una massa di cellule provenienti dai gangli del simpatico e ciò induce alla differenziazione della midollare della ghiandola surrenalica.

10.1.2 Apparato genitale

10.1.2.1 Gonadi

Le caratteristiche morfologiche delle gonadi maschili e femminili rimangono indifferenziate fino alla 6^a settimana circa.

Allo sviluppo delle gonadi contribuiscono tre tipi cellulari differenti: cellule mesoteliali, cellule mesenchimali e cellule germinali primordiali [2].

Durante la 5^a settimana di gestazione, medialmente al mesonefro si formano i cordoni sessuali primari costituiti da una parte midollare e una corticale, che avranno destini differenti a seconda del sesso dell'embrione. In caso di genotipo maschile (XY), la porzione midollare darà origine al testicolo, invece quella corticale tenderà a regredire; al contrario, nel genotipo femminile (XX) sarà la porzione corticale a dare origine all'ovaio mentre la midollare regredirà.

Durante la 6^a settimana, le cellule germinali primordiali migrano fino a venire incluse nei cordoni sessuali primari.

All'origine le gonadi sono organi addomi-

nali perirenali che devono subire una discesa differente a seconda del genotipo fetale: nel maschio i testicoli devono diventare extraaddominali dopo avere superato il canale inguinale; le ovaie invece si fermano nella piccola pelvi ai lati dell'utero.

10.1.2.2 Dotti genitali e annessi

Il dotto deferente, il dotto eiaculatore e l'epididimo si sviluppano dal dotto mesonefrico di Muller sotto l'influenza del testosterone prodotto dai testicoli fetali durante l'8^a settimana di gestazione.

Nel sesso femminile, i dotti di Muller regrediscono; al contrario, i dotti paramesonefrici di Wolf sono fondamentali nello sviluppo dell'apparato riproduttivo, in quanto sviluppandosi caudo-medialmente si fondono alla loro estremità distale formando il canale utero-vaginale. Le porzioni non fuse degli stessi danno origine alle tube uterine.

10.1.2.3 Genitali esterni

I genitali esterni maschili e femminili condividono la stessa origine dal tubercolo genitale, situato nella porzione fallica del senourogenitale (vedi sopra); essi permangono indifferenziati fino alla 12^a settimana di gestazione. Mentre è ben conosciuto lo sviluppo dei genitali esterni maschili, provocato dalla produzione testicolare di testosterone, rimangono alcuni dubbi riguardo alla femminilizzazione dei genitali embrionali indifferenziati, che sembrerebbe essere provocata dalla secrezione sia gonadica che placentare di estrogeno.

10.2 Protocollo di studio in RM fetale

L'esame di RM fetale per lo studio dell'apparato genitourinario applica lo stesso protocollo usato per lo studio di altri distretti, per tale motivo ne faremo solo un breve accenno in questo capitolo.

L'esame viene condotto su magnete 1,5 T, senza sedazione materna, nelle sole condizioni basali. Generalmente la paziente giace supina,

salvo in età gestazionale materna avanzata, in cui si preferisce farla stendere sul fianco; solitamente, inoltre, si utilizza una bobina di superficie del tipo *Phased-Array* Multicanale.

Il protocollo di studio standard comprende:

- sequenze di centramento: T2 pesate *Single Shot Turbo Spin Echo* TE 60 < 110 ms orientate sui tre piani dello spazio (TR 1900, TE 111, FOV 350 × 300 mm, Matrice 256 × 256, Spessore di strato: 4 mm). Tali sequenze permettono di definire la situazione e la presentazione fetale, oltre che di studiarne gli organi addominali;
- sequenze *Steady State Free Precession Water Sensitive* T1-T2 intermedie che per le loro caratteristiche intrinseche presentano un “effetto bordo” consentendo una migliore delimitazione dei contorni delle strutture;
- Flash 2D (*Fast low-angle shot*) Gradient-Echo T1w, con e senza saturazione del segnale del tessuto adiposo; (TR/TE = 362/4,8, flip angle 70°, FOV 350 × 300 mm, Matrice 192, spessore di strato: 4 mm) necessarie per evidenziare eventuali foci emorragici;
- SS-FSE (*Single Shot Fast Spin Echo*) TE > 600 ms;
- infine, nello studio di anomalie dell'apparato genitourinario risultano molto utili le sequenze pesate in diffusione: DWI (*Diffusion-Weighted Imaging*) acquisite sui reni fetali con gradiente di diffusione applicato sui tre assi ortogonali (x, y, z) con tre valori di 'b' differenti: 0, 200 e 700; le mappe ADC sono automaticamente calcolate dal software.

10.3 Imaging normale dell'apparato genitourinario in RM fetale

10.3.1 Reni e ureteri

Lo studio dei reni fetali inizia con la valutazione della loro sede, morfologia, dimensioni e intensità di segnale.

I reni fetali si presentano come strutture ovalari a fagiolo a localizzazione retroperito-

neale riconoscibili al di sotto del margine epatico e medialmente all'ilo splenico.

Nelle sequenze T2 pesate i reni fetali mostrano un'intensità di segnale intermedia, con cortecchia renale ipointensa rispetto alla midollare ben distinguibile dalla pelvi e dai calici renali i quali, nelle sequenze T2 pesate, appaiono come strutture marcatamente iperintense situate all'ilo renale [3] (Figg. 10.1, 10.2).

Dal punto di vista morfologico, il rapporto parenchima/pelvi si riduce significativamente con il progredire della gravidanza. Gli ureteri non sono generalmente visibili se non quando dilatati.

Le sequenze T1 pesate risultano utili in caso di anomalie fetali per riconoscere l'origine della malformazione, per la diagnosi di disordini associati (soprattutto anomalie dell'apparato gastrointestinale) e per differenziare gli ureteri dilatati (strutture ipointense tubulari) dalle anse dell'intestino distale (iperintense per la presenza di meconio).

Un ulteriore ausilio nello studio dei reni fetali è fornito dalla valutazione delle mappe di ADC e delle immagini pesate in diffusione. I reni fetali normali mostrano un elevato segnale nelle immagini pesate in diffusione (DWI) e un ridotto segnale nelle mappe di ADC [4, 5]. Il valore dell'ADC medio tissutale renale si calcola disegnando una regione di interesse (ROI) comprendente tutto il parenchima renale in tutte le sezioni in cui il parenchima renale è presente e ricavando la media dei risultati ottenuti. Il valore di ADC risulta più alto nelle epoche di gestazione più precoci (1327 $\mu\text{m}^2/\text{s}$) rispetto alle più tardive (1065 $\mu\text{m}^2/\text{s}$) con andamento inversamente proporzionale rispetto alle settimane di gestazione (Fig. 10.3) [6].

Le sequenze in DWI vengono influenzate dal flusso sanguigno e tubulare, dal contenuto d'acqua e dalla densità cellulare; la loro analisi rappresenta un segno diretto della perfusione capillare e della diffusione dell'ultrafiltrato nello spazio extracellulare, extravascolare.

Infine, è opportuno completare lo studio della funzionalità renale con l'analisi del volume del liquido amniotico e del riempimento vescicale.

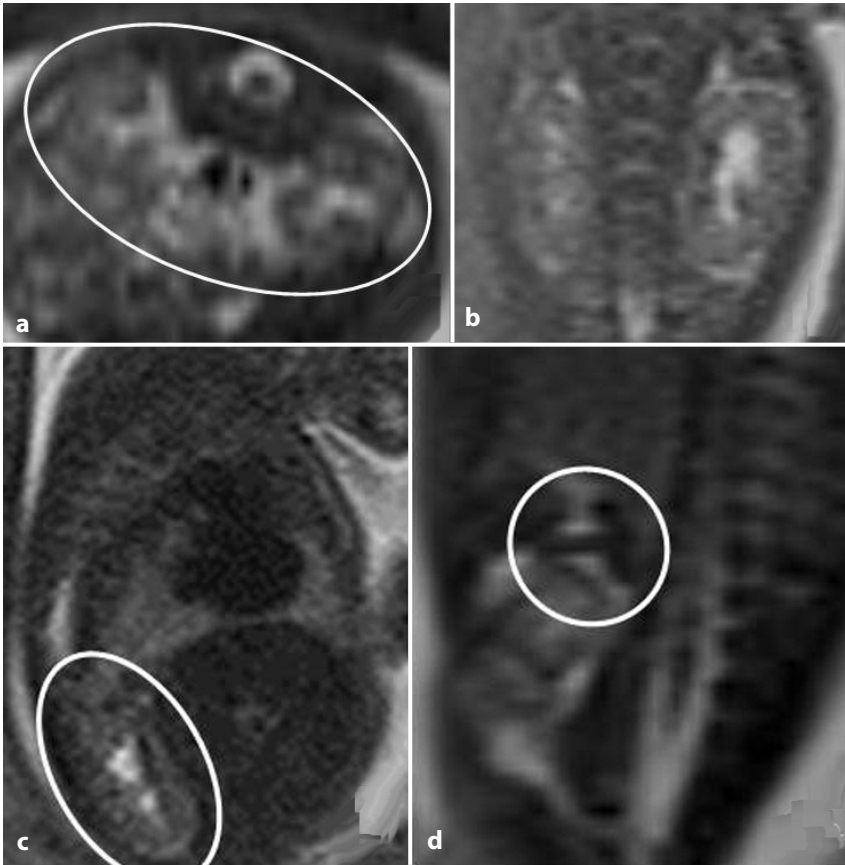


Fig. 10.1 Feto di 23 settimane di gestazione: reni ben visibili (*ovali* in **a** e **c**) nelle sequenze T2 pesate HASTE orientate nel piano assiale (**a**); coronale (**b**) e sagittale (**c**). È inoltre ben visibile il surrene destro che appare ipointenso ben delineato dal tessuto adiposo circostante e a forma di “cappello frigio” (**d**)

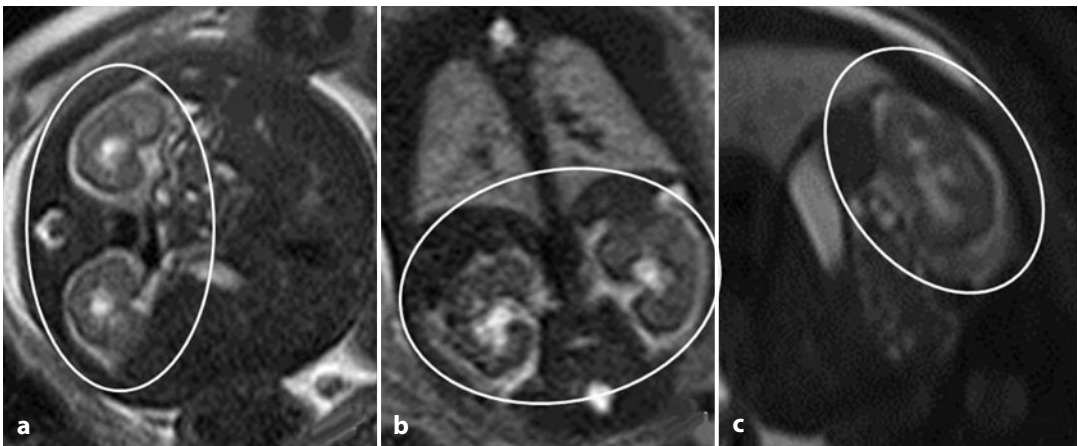


Fig. 10.2 Feto di 34 settimane di gestazione: reni normali ben riconoscibili (*ovali* in **a**, **b** e **c**) nelle sequenze T2 pesate HASTE orientate nel piano assiale (**a**) coronale (**b**) e sagittale (**c**). Il parenchima renale appare lievemente ipointenso e ben differenziato dal tessuto adiposo perirenale e dalla pelvi renale, i quali mostrano un'elevata intensità di segnale

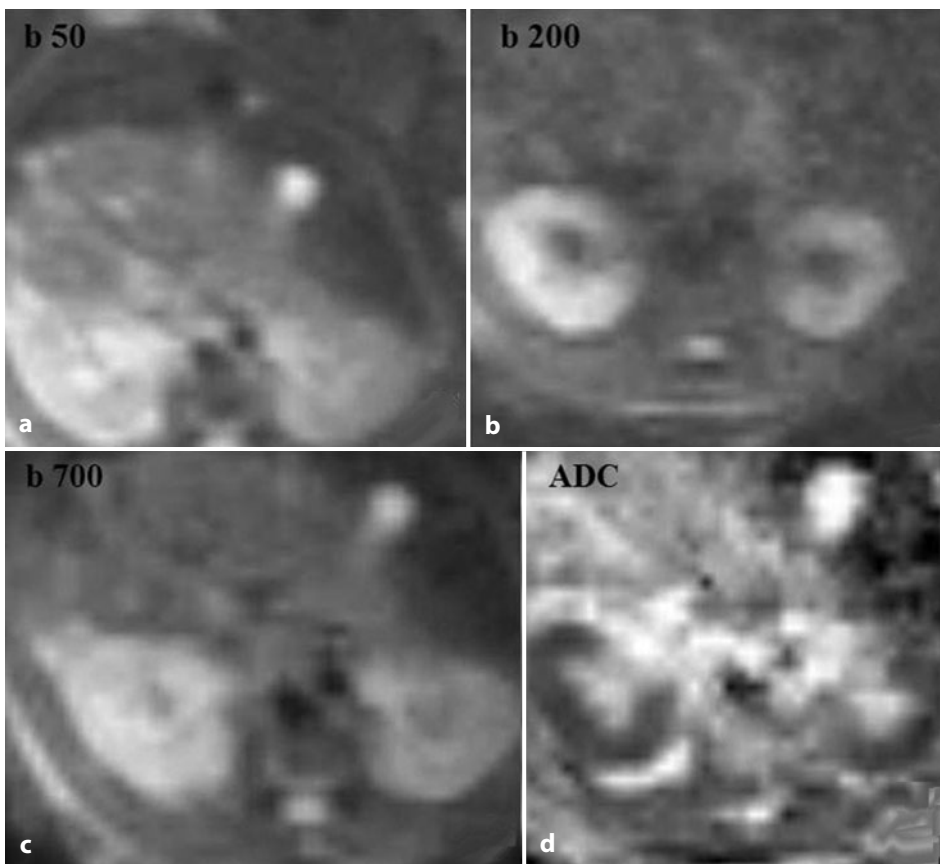


Fig. 10.3 Feto alla 30^a settimana di gestazione. Le sottofigure **a**, **b** e **c** rappresentano sequenze pesate in DWI con valori di 'b' rispettivamente: 50, 200 e 700. I reni presentano un elevato segnale in DWI; in ADC (**d**) presentano un valore di $1100 \text{ m}^2/\text{s}$

10.3.2 Surreni

I surreni fetali sono organi relativamente grandi e per questo ben riconoscibili, soprattutto in epoche gestazionali precoci [7]; essi appaiono come formazioni piramidali situate sopra il polo superiore del rene. Presentano segnale ipointenso nelle sequenze T2 pesate, accentuato dall'adiacente iperintensità caratteristica del tessuto adiposo perirenale (Fig. 10.1d). Nelle sequenze T1 pesate i surreni mostrano un'intensità di segnale analoga a quella epatica.

10.3.3 Vescica

Nelle sequenze T2 pesate la vescica si presenta come struttura mediana iperintensa situata

nella porzione anteriore dell'addome inferiore (Fig. 10.4).

Saltuariamente, nelle sequenze T2 pesate si possono evidenziare delle disomogeneità di segnale dovute agli artefatti da flusso di origine ureterale. Infine, un segno indiretto della funzionalità dell'apparato urinario è rappresentato dalla valutazione del liquido amniotico (LA).

10.3.4 Gonadi, annessi e genitali esterni

Tuttora non vi è letteratura inerente al ruolo della RM fetale nella valutazione del corretto sviluppo sessuale del feto [8].

Le gonadi femminili sono normalmente non valutabili salvo patologie in atto [7].

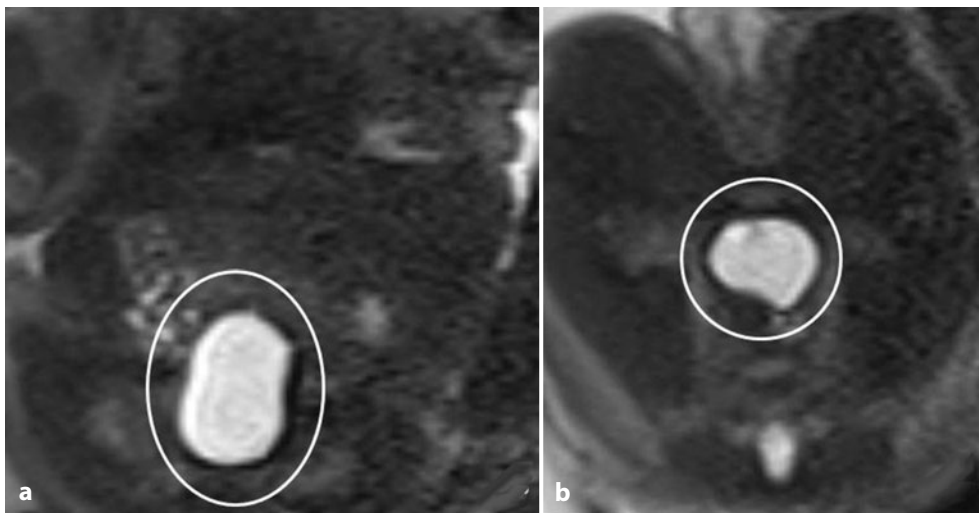


Fig. 10.4 Feto a 29 settimane gestazione. Le sequenze T2 HASTE orientate sul piano coronale (a) e assiale (b) mostrano la vescica (iperintensa in T2) discretamente distesa (ovale in a e cerchio in b)

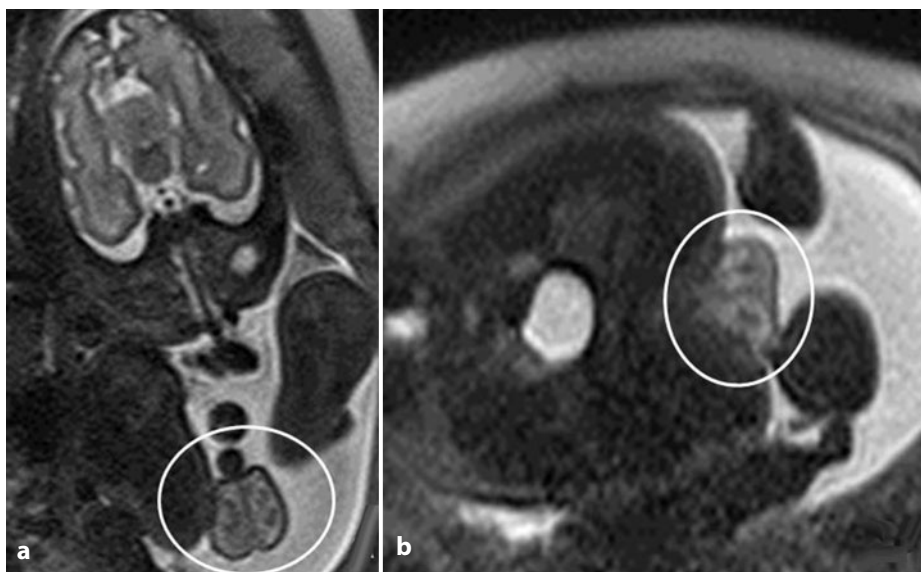


Fig. 10.5 Feto di 34 settimane. Nelle sequenze T2 HASTE, orientate sul piano coronale (a) e assiale (b), i testicoli appaiono come formazioni ipointense ovoidali contenute all'interno del sacco scrotale iperintenso per il suo contenuto liquido (ovali in a e b)

Utero, vagina e prostata non sono riconoscibili all'interno della pelvi fetale.

I testicoli sono evidenziabili solo nella loro sede finale [9], quando si presentano come strutture ovoidali ipointense nelle sequenze T2 pesate, situate all'interno di una struttura iso-iperintensa rappresentata dal sacco scrotale (Fig. 10.5).

Bibliografia

1. Moore KL, Persaud TV (eds) Lo sviluppo prenatale dell'uomo (2003), Vol 1, Cap13. Edises, Napoli
2. Sadler TW, De Caro R, Galli S (eds) (2008) Embriologia medica di Langman, Cap 14. Piccin-Nuova, Padova
3. Barseghyan K, Jackson HA, Chmait R et al (2008) Complementary roles of sonography and magnetic

- resonance imaging in the assessment of fetal urinary tract anomalies. *J Ultrasound Med* 27:1563-1569
4. Witzani L, Brugger PC, Hörmann M et al (2006) Normal renal development investigated with fetal MRI. *Eur J Radiol* 57:294-302
 5. Manganaro L, Francioso A, Savelli S et al (2009) Fetal MRI with diffusion-weighted imaging (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) assessment in the evaluation of renal development: preliminary experience in normal kidneys. *Radiol Med* 114:403-413
 6. Chaumoitre K, Colavolpe N, Shojai R et al (2007) Diffusion-weighted magnetic resonance imaging with apparent diffusion coefficient (ADC) determination in normal and pathological fetal kidneys. *Ultrasound Obstet Gynecol* 29:22-31
 7. Prayer D, Brugger PC (2007) Investigation of normal organ development with fetal MRI. *Eur Radiol* 17:2458-2471
 8. Nemeč SF, Nemeč U, Weber M et al (2011) Male sexual development in utero: testicular descent on prenatal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 38:688-694
 9. Brugger PC, Prayer D (2006) Fetal abdominal magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 57:278-293