



GUIDELINES

ISUOG Practice Guidelines (updated): sonographic examination of the fetal central nervous system. Part 2: performance of targeted neurosonography

راهنمای بالینی ایزوگ (به روز رسانی شده) : بررسی سیستم عصبی جنین . قسمت 2 : اجرای نروسونوگرافی هدفمند
مترجم :

دکتر نجمیه سعادتى. متخصص زنان ، پریناتولوژیست . دانشیار. مرکز تحقیقات باروری و ناباروری و سلامت جنین دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز . ایران
ویرایش :

دکتر زهرا سلیمانی، پریناتولوژیست، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله ، مرکز نسل امید

دکتر حمیرا وفايي ، فلوشیپ طب مادر و جنین، مرکز تحقیقات بیماریهای مادر و جنین دانشگاه علوم پزشکی شیراز

Translation by: Najmieh Saadati MD, Obs& Gyn, Perinatologist; Associate professor of Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Iran.

Reviewed by :Zahra Soleimani, MD, obs&Gyn, Perinatologist; Baqiyatallah University of Medical Sciences; Fetal Health Research Center, Hope Generation Foundation, Tehran, Iran.
Homeira Vafaei , MD, obs&Gyn; Perinatologist, Maternal-Fetal Medicine Research Center, Associate professor of Shiraz University of Medical Sciences.

کمیته استانداردهای بالینی

انجمن بین المللی اولتراسوند در مامایی و زنان (ISUOG) یک سازمان علمی است که رویکرد بالینی صحیح، آموزش و تحقیق با کیفیت بالا را در ارتباط با تصویر برداری تشخیصی در حیطه سلامت زنان ترویج می دهد. کمیته استاندارد های بالینی (ISUOG) CSC این وظیفه را دارد که دستور العمل های علمی و بیانیه های اجماعی را بعنوان توصیه های آموزشی تهیه کند و یک روش مبتنی بر اجماع نظرات طرف متخصصین به منظور تصویر برداری تشخیصی به پزشکان مراقبت های بهداشتی ارائه دهد. هدف از منعکس کردن این مطلب آن است که آنچه توسط ISUOG در نظر گرفته شده، بهترین کارایی را در زمان مناسب آن ارائه دهد. اگر چه ISUOG تمام تلاش خود را برای اطمینان از دقیق بودن دستورالعمل ها در هنگام ارائه انجام داده است، اما انجمن و یا اعضای آن هیچ گونه مسئولیتی را در قبال عواقب هر گونه داده ها، نظرات یا اظهارات نادرست یا گمراه کننده ارائه شده توسط CSC را قبول نمی کنند. مطالب ارائه شده توسط ISUOG CSC برای ایجاد یک استاندارد قانونی مراقبت در نظر گرفته نشده است، زیرا تفسیر مطالب ارائه شده در دستورالعمل ها تحت تاثیر شرایط فردی، پروتکل های بومی و منابع موجود می باشد. دستورالعمل های تایید شده می توانند با مجوز ISUOG آزادانه توزیع شوند. سطح بندی شواهدی که در راهنماهای ISUOG بکار گرفته شده اند، با جزییات در ضمیمه شماره 1 آورده شده است¹.

مقدمه

ناهنجاری های سیستم عصبی مرکزی (CNS) با فراوانی 14 در 10000 جز شایع ترین ناهنجاری های مادرزادی در زمان تولد هستند (1). نقایص لوله عصبی (NTD) با فراوانی 52 در هر 100000 بارداری شایع ترین نوع ناهنجاری های سیستم عصبی مرکزی هستند (2). فراوانی ناهنجاری های اینترا کرانیال که در آنها لوله عصبی سالم است مشخص نیست، چون اکثر این ناهنجاری ها در بدو تولد علامتی ندارند و لذا تشخیص داده نمی شوند و تظاهرات بالینی آنها در مراحل بعدی زندگی نمایان می شود. با اینحال مطالعاتی که پیگیری های دراز مدت را در بر می گیرد، فراوانی این موارد را در حدود 1 در هر 100 تولد تخمین می زنند (3).

در طی بارداری، غربالگری سونوگرافی برای ناهنجاری های CNS اساساً در زمان آنومالی اسکن سه ماهه دوم (4) و با تکیه بر مشاهدات سه مقطع آگزیکال: ترنس و نتریکولار، ترانس تالامیک و ترنس سربرال انجام می شود. بررسی پایه ای ستون فقرات نیز جزیی از این غربالگری می باشد که در قسمت 1 راهنما شرح داده شده است (5). البته شایان ذکر است که برخی از ناهنجاری ها ممکن است خیلی زودتر یعنی در سه ماهه اول بارداری قابل تشخیص باشند.

تمرکز این راهنما توصیف پروتوکی برای سونوگرافی تشخیصی است که باید² در هر موردی که ریسک ناهنجاری های CNS وجود دارد، انجام شود. فهرستی از جزییات اندیکاسیون های انجام نروسونوگرافی هدفمند CNS، در قسمت اول

¹ کلیه پانویسی ها از مترجم است.

² در سرتاسر این نوشتار، ترجمه واژه "should"، واژه "باید" در نظر گرفته شده است.

این راهنما منتشر شده است. (5) واضح و مبرهن است که نروسونوگرافی هدفمند جنینی پتانسیل تشخیصی بسیار بیشتری نسبت به بررسی سونوگرافیک پایه دارد و بویژه در بررسی موارد ناهنجاری‌های پیچیده کمک کننده است. (6,7). از آنجایی که بررسی هدفمند CNS جنین به سطح بالایی از مهارت نیاز دارد که ممکن است در بسیاری از مراکز تسهیلات سونوگرافی همیشه در دسترس نباشد، بنابراین هنوز نروسونوگرافی هدفمند جنین بصورت همگانی اجرا نشده است.

ملاحظات کلی

توصیه ها¹

- سونوگرافی واژینال مند ترجیحی نروسونوگرافی هدفمند برای انجام ارزیابی با سونوگرافی با وضوح تصویر زیاد² و در حد کافی است. در مواردی که انجام سونوگرافی واژینال از نظر تکنیکی میسر نباشد، (مثل پرزانتاسیون بریچ، چندقلویی) بررسی با سونوگرافی شکمی انجام می‌شود. (نکته خوب کاربردی)³
 - در مواردی که از نظر تکنیکی انجام سونوگرافی واژینال امکان پذیر نیست، استفاده از پروب خطی یا لاینر (Linear) یا میکروکانوکس با رزولوشن بالا (فرکانس تابش مولتی‌باند به 8 تا 9 مگاهرتز برسد) پیشنهاد می‌شود. زیرا این پروب‌ها رزولوشن بیشتری نسبت به پروب‌های کانوکس معمولی ایجاد می‌کنند. (نکته خوب کاربردی)
- اساس بررسی نروسونوگرافی مغز جنین رویکرد چند وجهی⁴ است که با تغییر موقعیت⁵ پروب نسبت به سوچورها و فونتال‌های سر جنین انجام می‌گیرد (8-10) وقتی پرزانتاسیون جنین ورتکس است، همیشه باید از روش واژینال استفاده شود، زیرا مزیت بالایی نسبت به روش شکمی دارد. بویژه اینکه سونوگرافی واژینال به علت فرکانس بالا امکان دستیابی تصاویر با وضوح بالا را با اجتناب از سایه آکوستیک ایجاد شده به واسطه کالوارיום فراهم میکند و همچنین امکان بدست آوردن تصاویر بدون مانع از مقاطع ساژیتال و کروئال را ممکن می‌سازد. در پرزانتاسیون بریچ از روش ترانس‌فوندال استفاده می‌شود، بطوری که پروب بر روی فوندوس رحم بصورت موازی با شکم و نه عمود بر آن قرار داده می‌شود. با اینحال در این موارد چرخش خارجی ملایم جنین با کمک سونوگرافی اغلب تا اوایل سه ماهه سوم بارداری امکان‌پذیر است و هر زمانی که از نظر تکنیکی میسر باشد، باید انجام شود (11).

1 در سرتاسر این نوشتار، ترجمه واژه "Recommendations"، واژه "توصیه" در نظر گرفته شده است.

2 High resolution

3 GOOD PRACTICE POINT

4 Multiplanar

5 Aligning

بررسی ستون فقرات نیز قسمتی از نوروسونوگرافی است که با ترکیبی از مقاطع آگزپال ، کروئال و ساژیتال به نحوی که در قسمت 1 این راهنما توضیح داده شده است (5) انجام می‌شود. در طی نوروسونوگرافی ستون فقرات موقعیت کونوس مدولاریس در مقطع ساژیتال بررسی می‌شود.

نوروسونوگرافی جنین باید شامل همان اندازه گیری‌هایی باشد که در طی بررسی پایه¹ انجام می‌شود: فاصله بین دو استخوان پاریتال² (BPD) ، دور سر (HC) ، پهنای آتریوم لترال و نتریکل ، قطر عرضی مخچه (TCD) . اندازه قدامی-خلفی سیسترن مگنا بطور روتین اندازه گیری نمی‌شود و فقط باید در موارد شک به مگا سیسترن مگنا اندازه گیری شود. برای ساختمان‌های مختلف مغز نوموگرام‌های متعددی وجود دارند که در صورت لزوم می‌توان از آن‌ها استفاده کرد (10،12). اندازه‌های اختصاصی نسبت به سن بارداری و شرایط بالینی ممکن است متفاوت باشد .

تکنیک نوروسونوگرافی

مغز جنین

برای بررسی سونوگرافی جنین چه از طریق واژینال و چه از طریق شکمی ، معمولاً برای قرارگیری³ مناسب پروب نسبت به مقطع درست نمای مورد نظر نیاز به تغییر موقعیت⁴ آرام جنین می‌باشد . بسته به پوزیشن جنین از نماهای مختلفی در سونوگرافی می‌توان استفاده کرد (10).

بررسی سیستماتیک مغز معمولاً مشاهدات در چهار مقطع کروئال و سه مقطع ساژیتال را شامل می‌شود. در این نوشتار ساختمان‌های مختلف مغز را که می‌توان تصویرشان را در سه ماهه دوم و سوم بارداری گرفت شرح داده می‌شود. همچنین در نوروسونوگرافی باید علاوه بر ساختمان‌های آناتومیک، شکنج‌های⁵ مغز جنین که در طول بارداری دچار تغییر می‌شوند نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. (17-13)

توصیه‌ها

- بررسی هدفمند مغز جنین بر پایه زنجیره‌ای از مقاطع ساژیتال و کروئال صورت می‌گیرد. مقاطع کلیدی در زیر توضیح داده می‌شوند، اما اوپراتور دوره دیده باید قادر باشد مناسب‌ترین تصاویری را که با یافته آناتومی طبیعی یا غیر طبیعی مغز مطابقت دارند را انتخاب و ثبت نماید . (نکته خوب کاربردی)

مقاطع کروئال (شکل 1)

1 Basic
2 Biparietal diameter (BPD)
3 Alignment
4 Manipulation
5 Convolutions

مقطع ترنس فرونتال (شکل 1 a) : مشاهده مقطع ترنس فرونتال از طریق فونتال قدامی است: این مقطع فیشر میانی بین دو نیمکره و لوب‌های فرونتال مغز را نمایان می‌کند. این مقطع در موقعیت قدامی نسبت به کورپوس کالوزوم قرار دارد و بنابراین فیشر بین دو نیمکره را بصورت یک‌دست¹ به نمایش می‌گذارد. ساختمان‌های دیگری که در این مقطع نمایان می‌شوند عبارتند از استخوان اسفنوئید و گاهی هم اربیت‌ها. در اواخر بارداری سولک‌های بویایی نیز قابل رویت هستند (شکل 2، 15، 18).

مقطع ترنس‌کودیت (شکل 1 b) : مقطع ترنس‌کودیت از طریق رویکرد خلفی‌تر، با تیلت کردن و/یا اسلایدینگ ترنس‌دیوسر به سمت لبه خلفی فونتال قدامی بدست می‌آید. این نما² یکی از مهم‌ترین نماهای نروسونوگرافی جنین است. این نما موارد زیر را نشان می‌دهد: شاخ‌های فرونتال³ لترال و نتریکل، کاووم سپتوم پلوسیدوم (ساختمانی مثلثی / تراپزوئید شکل زیر کورپوس کالوزوم و بین دو شاخ فرونتال)، مقطع عرضی قسمت قدامی تنه⁴ کورپوس کالوزوم بصورت یک نوار هیپواکو خفیف در راس کاووم سپتی پلوسیدوم و بین شاخ‌های فرونتال، فالکس مغزی⁵، برآمدگی گانگلیونی⁶ و هسته کودیت.

مقطع ترنس‌تالامیک (شکل 1 c) : مقطع ترنس‌تالامیک نسبتاً به مقطع ترنس‌کودیت نزدیک است. گاهی از طریق فونتال قدامی با زاویه دادن⁷ پروب و گاهی هم از طریق سوچر ساژیتال باز بدست می‌آید. در این مقطع هر دو تالاموس نزدیک به هم و مجاورت یکدیگر دیده می‌شوند. بطن سوم همراه با فورامن بین بطنی مونرو ممکن است مشاهده شود. در مقطع کمی خلفی‌تر، آتریوم لترال و نتریکل همراه با کوروئید پلکسوس در هر طرف ظاهر می‌شود. نزدیک به پایه جمجمه⁸ و در خط وسط، سیستم‌های بازال عروق حلقه ویلیس و کیاسمای بینایی را شامل می‌شود. این مقطع همچنین، نمای کاملی از سیلویین فیشر را فراهم می‌کند. بررسی لند مارک آناتومیک اخیر (سیلویین فیشر) اهمیت حیاتی دارد؛ برای تصویربرداری آن، فشار دادن⁹ ملایم ولی با قدرت فونتال قدامی مفید است، در غیر اینصورت سایه جانبی ناشی از استخوان‌های پاریتال مشاهده اینسولا و ناحیه سیلویین را دچار اشکال می‌کند.

مقطع ترنس‌سربرال (مخچه‌ای) (شکل 1 d) : مقطع مخچه تنها مقطع کروئالی است که از مسیر فونتال خلفی بدست می‌آید. این مقطع مشاهده شاخ‌های خلفی لترال و نتریکل و اینترهمیسفریک فیشر را میسر می‌سازد. بسته به سن

1 Uninterrupted

2 Views

3 Frontal horn

4 Body

5 Falx cerebri

6 Ganglionic eminence

7 Angling

8 cranial base

9 Indent

بارداری، کالکترین فیشر (شکل 3) و کمی عمقی تر فیشر پریتواکسی پیتال نیز می توانند دیده شوند. در قطع عرضی این مقطع هر دو نیمکره مخچه و ورمیس نیز دیده می شوند. ورمیس از نیمکره های مخچه اکوژن تر است.

مقاطع ساژیتال¹ (شکل 4)

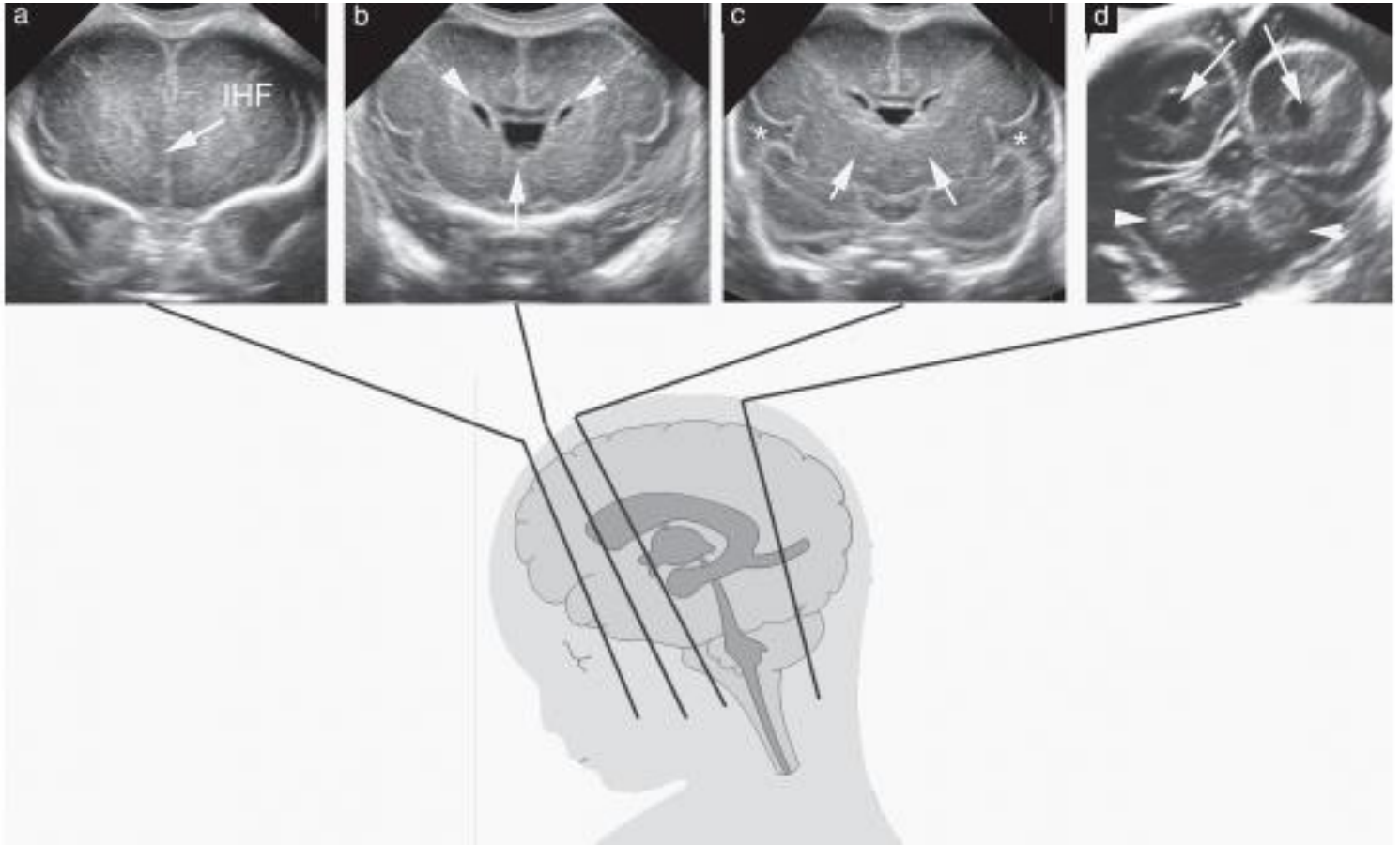
توصیه ها :

- مقطع مید ساژیتال یا میانی² ، در واقع مقطع رفرنس برای بررسی تمام ارگان های ماژور خط وسط و ناهنجاری های آن هاست . برای اطمینان از بررسی کافی آناتومی ساختمان های بالا و پایین تنتوریوم، بسته به ساختمان مورد نظر ، این مقطع باید از طریق فونتائل خلفی یا قدامی و یا حتی سوچر های استخوانی نشده ساژیتال، مورد بررسی قرار گیرد. این امر با حرکت ملایم سر جنین با دست آزاد³ به پوزیشن دلخواه، قابل دسترسی است .
(نکته خوب کاربردی)
- در استفاده از بیومتری کورپوس کالوزوم برای تشخیص هیپوپلازی کورپوس کالوزوم باید با احتیاط عمل کرد . چون یک کورپوس کالوزوم کوتاه، نازک یا ضخیم الزاماً همراه با ناهنجاری این ساختمان آناتومیکی نیست . به همین دلیل ارزیابی کیفی بسیار مهم تر از ارزیابی کمی است، به این معنی که چک شود که تمام 4 قسمت کورپوس کالوزوم دیده شوند و از دید سونوگرافی طبیعی باشند. (نکته خوب کاربردی)

¹ Sagittal plans

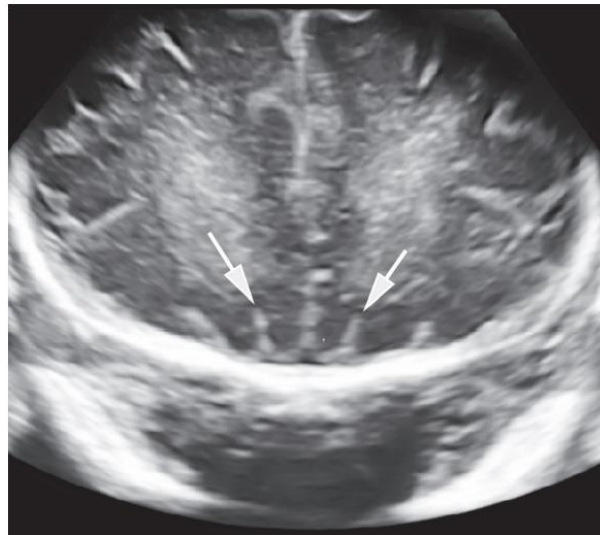
² Median

³ دست بدون پروب



شکل 1: مقاطع کروئال سر جنین : (a) مقطع ترنس فرونتال : فیشر بین دو نیمکره (IHF)¹ بین دو لوب فرونتال قابل رویت است، استخوان اسفنویید که کف اوربیت را می‌سازد و همچنین خود اربیت‌ها قابل رویت هستند. (b): مقطع ترانس کودیت : دو شاخ فرونتال (سر پیکان) در دو طرف کاووم سپتوم پلوسیدوم (پیکان کامل) نمایش داده شده‌اند. همچنین در راس کاووم سپتوم پلوسیدوم ، بین شاخ‌های فرونتال ، مقطع عرضی قسمت قدامی تنه کورپورس کالوزوم بصورت یک نوار هیپواکو ضعیف مشهود است. برآمدگی‌های گانگلیونیک در جهت ایفرولترال شاخ‌های فرونتال قابل رویت هستند. (c) : مقطع ترنس‌تالامیک: تالاموس (سرهای پیکان) و اینسولا (*) نشان داده شده‌اند. (d) مقطع ترنس سریرال : شاخ‌های اکسی‌پیتال بطن‌های جانبی (پیکان کامل) و مخچه (سر پیکان) نشان داده شده‌اند.

1 Interhemispheric fissure (IHF)



شکل 2 : مقطع فرونتال سر جنین. پس از هفته 26 بارداری سولکای بویایی¹ (پیکان) می‌تواند درست بالای استخوان اسفنوئید دیده شود.

مقطع میانی یا میدسائزیتال قدامی (شکل 4a).

مقطع میانی یا میدسائزیتال قدامی از طریق فونتال قدامی گرفته می‌شود و مشاهده خوب خط وسط مغز را فراهم می‌کند. برای بررسی ساختمان‌های زیر تنتوریوم مشاهده از طریق فونتال خلفی، ترجیح داده می‌شود (مطب زیر را ببینید). این نمای میانی، کورپوس کالوزوم را با تمام بخش‌هایش نشان می‌دهد. بویژه چهار قسمت کورپوس کالوزوم (روستروم، زانو²، تنه³ و اسپلنیوم) و ارتباط تنگاتنگ آن‌ها با کاووم سپتوم پلوسیدوم و کاووم ورگا⁴ (وقتی وجود دارد) باید مشاهده شود. زیر کاووم سپتوم پلوسیدوم بطن سوم بصورت یک ساختار هیپواکوئیک می‌تواند قابل تشخیص باشد ولی قسمت کرانیال آن به علت وجود تلا کوروئید⁵ هیپراکوژن است. آناتومی ساختمان‌های زیر چادرینه بویژه ورمیس و بطن چهارم نیز در این مقطع قابل رویت است. با این وجود برای دسترسی و تصویر کامل این ساختمان‌ها توصیه می‌شود که از یک اپروچ خلفی (مثل مقطع میانی یا میدسائزیتال خلفی: پایین را ببینید) استفاده شود. با استفاده از کالر داپلر، شریان مغزی قدامی، شریان‌های پری‌کالوزال و شاخه‌هایشان و ورید گالن ممکن است مشاهده شوند ولی نقش داپلر در بررسی کورپوس کالوزوم کم است.

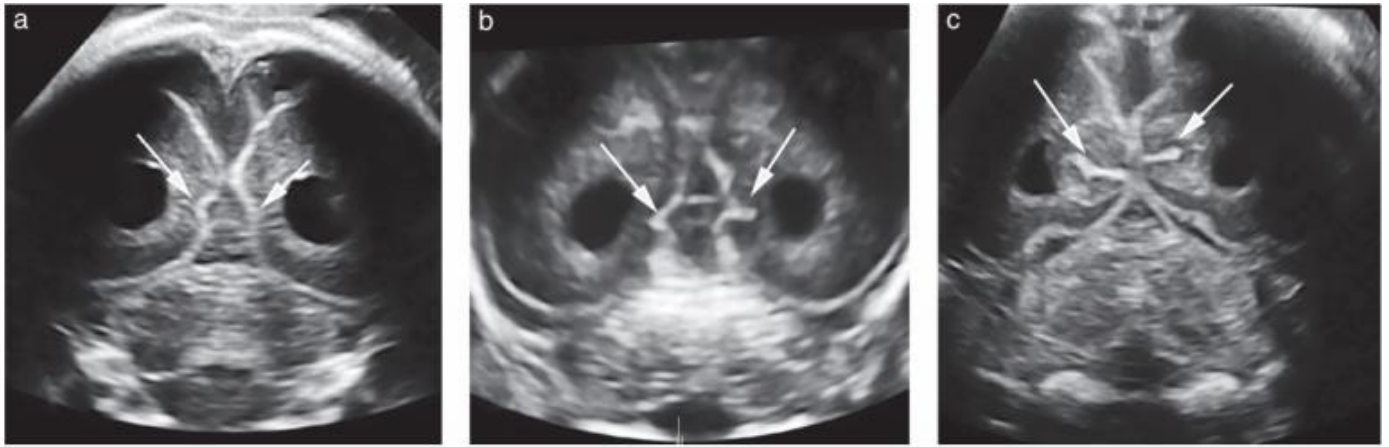
¹ Olfactory sulci

² Genu

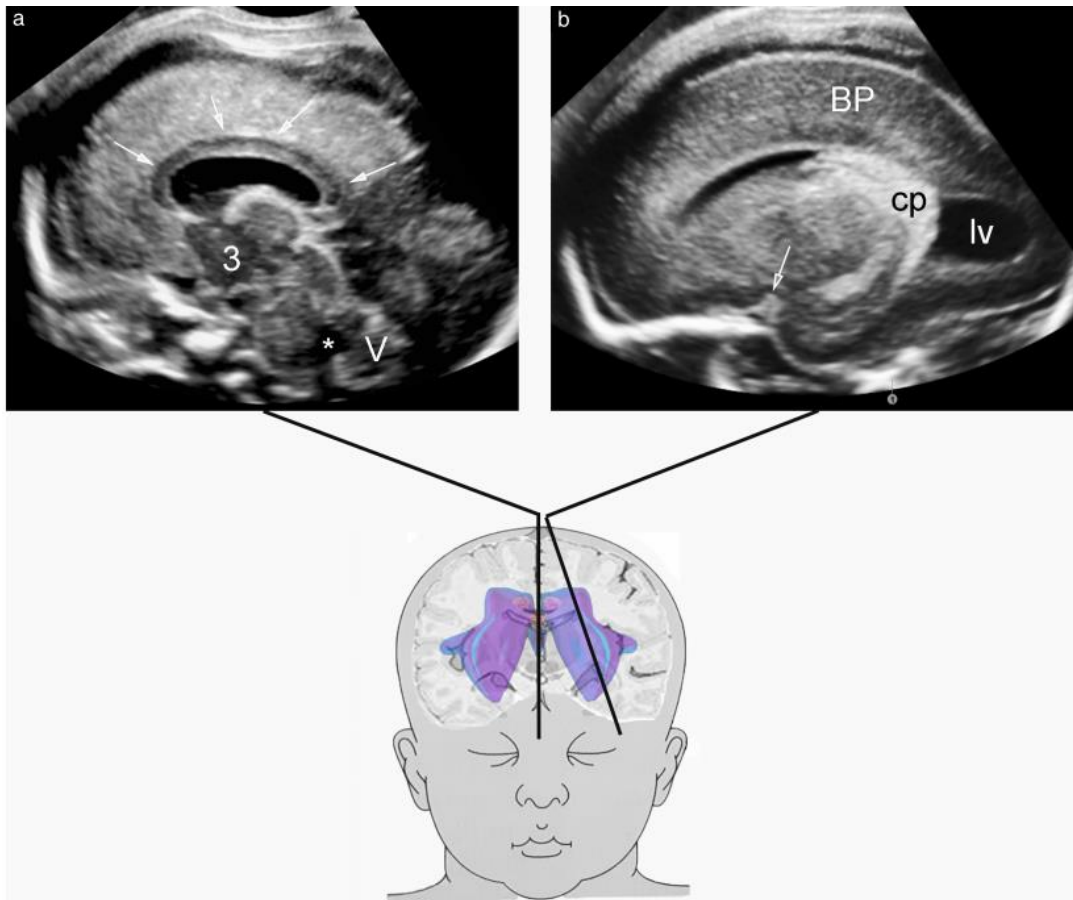
³ Body

⁴ Cavum vergae

⁵ Tela choroidea



شکل 3 : در نمای ترنس سربرال سر جنین ، نمو پیشرونده سولکای کالکارین (پیکان) را می‌توان دید : (a) هفته بارداری، (b) 26 هفته بارداری (c) 31 هفته بارداری



شکل 4 : مقاطع ساژیتال سر جنین : (a) مقطع میدساژیتال قدامی. لندمارک‌های آناتومیکال که در این مقطع قابل تشخیص هستند: قطع مدین کورپوس کالوزوم (پیکان) و در زیر آن : کاووم سپتوم پلوسیدوم با کاووم ورگا (وقتی وجود دارد) ، بطن سوم (3) ، بطن چهارم (*)، ورمیس مخچه (V). همچنین

آکواداکت سیلویین ممکن است قابل رویت باشد . (b)مقطع پارساژیتال : لندهمارک‌های آناتومیکال که در این مقطع قابل رویت هستند:پارانشیم مغز (BP)، بطن جانبی (lv) با کورونئید پلکسوس (cp)، شاخ تمپورال (بسته به سن بارداری و میزان زاویه دادن جانبی¹): قسمت کوچکی از فیشر سیلویین (پیکان)

مقطع مدیان یا مید ساژیتال خلفی (شکل 5). مقطع مید ساژیتال خلفی از طریق سوچور ساژیتال و یا بهتر از آن از طریق فونتال خلفی بدست می‌آید . باید مراقب بود تا از سایه استخوان اکسی‌پوت بر حفره خلفی² و سیترونا مگنا اجتناب کرد. زیرا این سایه منجر به محدودیت و حتی غیر ممکن شدن تفسیر تصویر بدست آمده می‌شود. با این رویکرد خلفی پرتو از بالا و زاویه پرتو تقریباً 90 درجه نسبت به ساقه مغز³، به ورمیس مخچه تابانده می‌شود و بهترین حالت را برای مشاهده این قسمت از مغز که ممکن است چالشی در سونوگرافی باشد را فراهم می‌سازد . تمام ساختمان‌های آناتومیکال میدلاین ورمیس و حفره خلفی را می‌توان با این رویکرد بطور کامل بررسی کرد. این ساختمان‌ها عبارتند از: مقطع مدین تمامیت ورمیس همراه با فاستیژیوم، فیشر اولیه (همچنین فیشر ثانویه در مراحل بعدی بارداری)، لوب‌های ورمیس ، بطن چهارم مثلثی شکل ، سیسترونا مگنا ، ساقه مغز همراه با مغز میانی ،پل مغز و بصل النخاع . مرز بالایی خلفی که با تئوریوم مشخص می‌شود را نیز می‌توان تشخیص داد. در این نمای میانی، در اغلب موارد بویژه در طی سه ماهه دوم مشاهده مایع در کانال⁴ سیلویین امکانپذیر است.

مقاطع پارساژیتال (شکل 4b). مقاطع پارساژیتال توسط حرکت دادن یا متمایل کردن⁵ اندک ترانسدیوسر از مقطع میدساژیتال به طرفین بدست می‌آید. این مقاطع بطن‌های جانبی، کورونئید پلکسوس ، پارانشیم پری‌ونتریکولار مغزی و بویژه در سه ماهه سوم، شکنج‌های کورتکس⁶، بر روی سطح محدب مغز، همچنین قسمت متغیری از فیشر اینسولا/سیلویین را نمایان می‌سازند. یک نمای کمی جانبی‌تر مشاهده شاخ‌های تمپورال و نتریکول‌ها و اینسولا را امکان‌پذیر می‌سازد .

مقاطع بیشتر : مقاطعی که در بالا توضیح داده شد، مقاطع کلیدی انجام نروسونوگرافی هدفمند جنین هستند. در عین حال بر طبق محل مورد بررسی، مقاطع بینابینی ساژیتال و کروئال دیگری می‌توانند گرفته شوند و گاهی بسیار کمک کننده هستند . برای مثال بویژه برای بررسی کامل حفره خلفی، مقاطع کروئال بیشتر با فوکوس بر مقطع عرضی ورمیس ممکن است نیاز باشد.

¹ degree of lateral angling

² The posterior fossa

³ the brainstem

⁴ Sylvian aqueduct

⁵ Tilting

⁶ the gyri of the cortex

ستون فقرات جنین

توصیه‌ها

- توانایی مشاهده کونوس مدولاریس قرار گرفته شده بر حاشیه و نترال کانال نخاعی ، نزدیک به تنه‌های مهره نشانه خوبی برای تعیین طبیعی بودن ستون فقرات لومبوساکرال است . (نکته خوب کاربردی)

سه مقطع برای بررسی یکپارچگی ستون فقرات می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند . انتخاب مقطع به پوزیشن جنین بستگی دارد . معمولاً فقط بدست آوردن دوتا از این مقاطع در هر بار بررسی یک جنین ، امکان‌پذیر است . اما با حرکت¹ جنین یا سونوگرافی سه بعدی (3D) می‌توان در مواقعی که لازم است مقطع سوم را نیز بدست آورد .



شکل 5 : مقطع مید ساژیتال یا مدین خلفی که با تو دادن¹ فونتانل خلفی گرفته شده و برای بررسی حفره خلفی بهترین است . لندمارک‌های آناتومیکی که در این مقطع قابل تشخیص هستند: ورمیس مخچه (V) با فاستیژیوم و بطن چهارم (پیکان)، سیسترنای مگنا، (*)، تننوریوم (پیکان دوتایی)، ساقه مغز (bs) به همراه پونز² . آکواداکت سیلویین (سر پیکان) نیز ممکن است ظاهر شود .

¹ Manipulation

مقاطع عرضی یا محوری . بررسی ستون فقرات در مقاطع محوری یا بعبارتی عرضی یک پروسه داینامیک است که با حرکت جارویی³ ترنسدیوسر در تمام بلندای ستون فقرات، در سطوح⁴ مختلف در حالیکه مقطع عرضی حفظ می‌شود ، انجام می‌شود. (شکل 6) . مهره‌ها در سطوح متفاوت ، اشکال آناتومیکال متفاوتی دارند: مهره‌های توراسیک و لومبار مثلثی شکل با یک کانون استخوانی در مرکز، احاطه شده توسط نورال کانال ، مهره‌های سرویکال (گردنی) چهارگوش و مهره‌های کمری مسطح هستند.

مقاطع ساژیتال. در مقاطع ساژیتال ، کانون‌های استخوانی تنه مهره‌ها و کمان‌های خلفی دو خط موازی را تشکیل می‌دهند که در ساکروم به طرف هم متمایل می‌شوند. همچنین وقتی جنین در وضعیت پرون قرار گرفته است ، می‌توان مقطع ساژیتال واقعی را با هدایت مسیر امواج اولتراسوند از طریق اسپاینوس پروسس‌های غیر استخوانی بدست آورد. این‌کار تصویرگیری ستون فقرات و نخاع مرکزی آن را امکان‌پذیر می‌سازد. (شکل 7). در اواخر سه ماهه دوم و سه ماهه سوم، معمولاً کونوس مدولاریس در محاذات سطح مهره دوم/سوم لومبار (L2-L3) یافت می‌شود. (19-20) همچنین یکپارچگی کانال عصبی از قرارگیری منظم کانون‌های استخوانی ستون فقرات و وجود بافت نرم پوشاننده روی ستون فقرات حاصل می‌شود. اگر بتوان یک مقطع ساژیتال واقعی بدست آورد، مشاهده کونوس مدولاریس کانال عصبی در محل طبیعی‌اش، یافته محکم تری دال بر تشخیص طبیعی بودن است. (شکل 7)

توصیه‌ها

- استفاده از پروب دارای فرکانس بالای لاینر/ میکروکانوکس شکمی بررسی نخاع و کونوس مدولاریس در نمای میدساژیتال ستون فقرات را بهتر می‌سازد . (نکته خوب کاربردی)

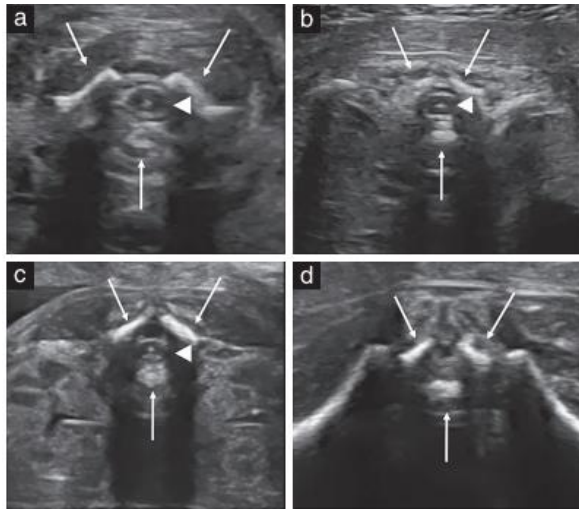
مقاطع کرونیال. در مقاطع کرونیال ستون فقرات، بسته به اورینتیشن پرتو اولتراسوند، یک، دو یا سه خط موازی دیده می‌شود. این خطوط به ترتیب از جهت شکم به پشت معرف مقطع اجسام مهره (یک خط)، اجسام مهره و کمان‌های خلفی (سه خط) و یا کمان‌های خلفی (دو خط) هستند. (شکل 8) . این مقاطع با سونوگرافی 3D بهتر مشاهده می‌شوند که در ذیل شرح داده می‌شود.

¹ Indenting

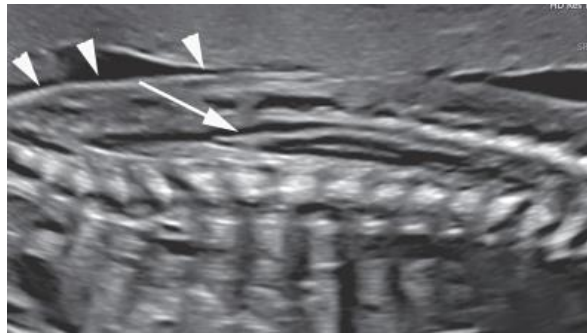
² Pons

³ Sweeping

⁴ Level



شکل 6 : مقطع آگزیمال (عرضی) ستون فقرات جنین در سطوح¹ مختلف : (a) سرویکال، (b) توراسیک، (c) لومبار، (d) ساکرال . پیکان‌ها سه کانون استخوانی شدن مهره را نشان می‌دهند . به پوست سالم روی ستون فقرات دقت نمایید . در تصاویر a تا c ، نخاع بصورت یک ساختمان هیپو اکوئیک بیضی شکل با یک هسته مرکزی سفید رنگ دیده می‌شود. (سر پیکان)



شکل 7 : مقطع ساژیتال ستون فقرات جنین . با استفاده از اسپاینوس پروسس‌های استخوانی نشده مهره‌ها بعنوان پنجره آکوستیک ، محتویات کانال نخاعی نشان داده شده‌اند. پس از هفته 20، کونوس مدولاریس (پیکان) بطور نرمال در محاذات مهره سوم/چهارم لومبار (L3-L4) قرار می‌گیرد . ناحیه مثلثی شکل دورسال از مایع مغزی نخاعی پر شده است. به یکپارچگی پوست دقت کنید. (سر پیکان)

سونوگرافی سه بعدی

توصیه‌ها

- در نورو سونوگرافی هدفمند استفاده از سونوگرافی سه بعدی ، بویژه در مواردی که گرفتن یک نمای خوب دو بعدی مشکل است، برای افزایش رزولوشن و همچنین امکان استفاده از تکنیک چندوجهی² توصیه می‌شود. (نکته خوب کاربردی)

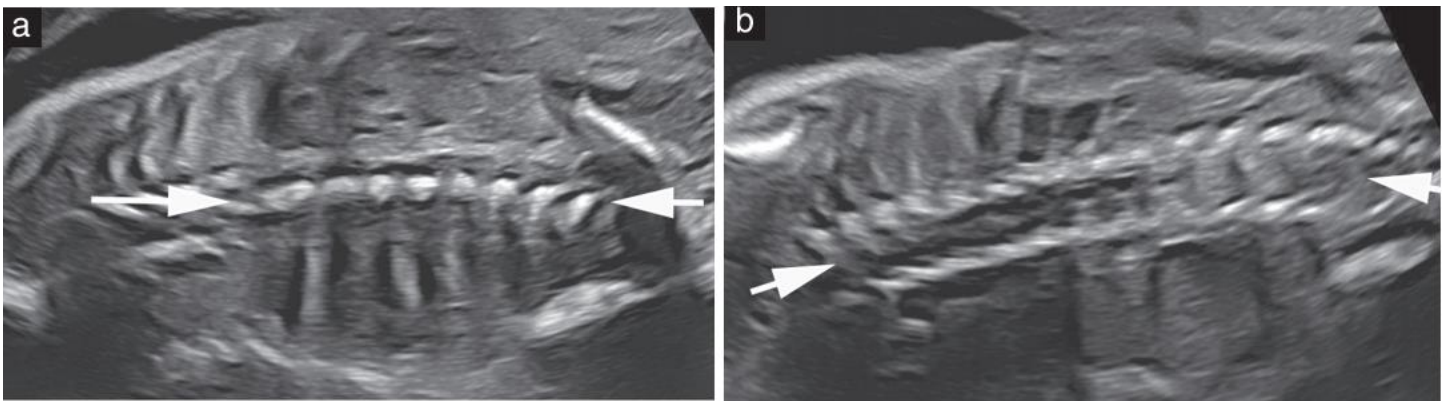
¹ Level

² Multiplanar

در حالیکه برای اطمینان از کفایت سطح مقطع میدساژیتال/مدین مغز جنین (مثل کورپوس کالوزوم و ورمیس) لندمارک‌های مفیدی وجود دارد، انحرافات جزئی از نمای عالی مید ساژیتال توسط اوپراتور اتفاق ناشایعی نیست. در واقع، این موضوع ممکن است نه تنها روی اندازه‌گیری‌ها بلکه بر بررسی کیفی مغز و ساقه مغز نیز تاثیر گذار باشد. بنابراین بکارگیری سونوگرافی 3D برای نروسونوگرافی هدفمند، بویژه از دو منظر اصلی مفید خواهد بود:

اولاً با استفاده از اصلاح چند وجهی بدست آوردن نمای عالی از سه مقطع ارتوگونال امکان‌پذیر خواهد بود (شکل 9). ثانیاً بدست آوردن برش‌های ضخیم‌تر مغز نسبت سیگنال به زمینه را در تمام سه مقطع افزایش داده و موجب افزایش کیفیت تصویر می‌شود. این مزیت‌ها توصیه ما در استفاده از تکنیک 3D در نروسونوگرافی را حمایت می‌کند.

علاوه بر این بررسی ستون فقرات جنین از تفسیر¹ 3D و بازسازی سطح مقطع‌های کروئال در محاذات تنه مهره‌ها و/یا کمان‌های خلفی بهره‌مند می‌شود (شکل 10) (24).



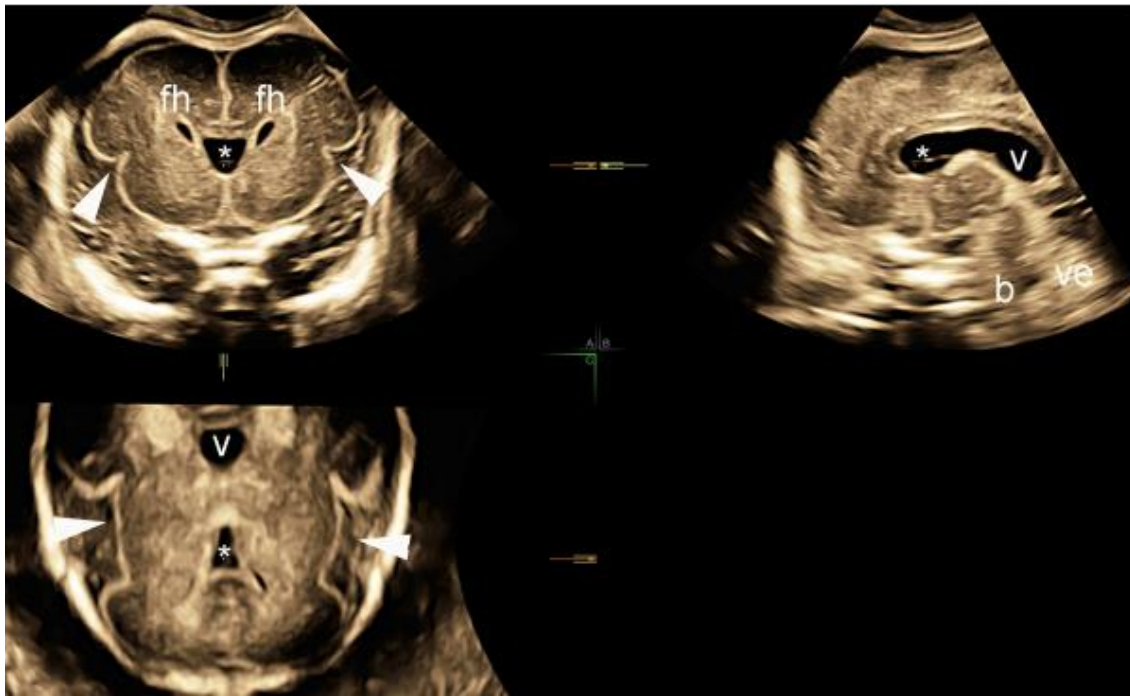
شکل 8: مقطع کروئال ستون فقرات جنین (پیکان). این مقطع برای رد همی ورتبرا و دیاستماتومیلیا² کمک کننده است. این مقطع را می‌توان در سطوح³ اجسام مهره‌ها (a) یا خلفی‌تر در محاذات کمان‌های⁴ مهره (b) بدست آورد. هدف رد کردن زاویه غیرطبیعی ستون فقرات است.

¹ Rendering

² Diastematomyelia

³ Level

⁴ Arches



شکل 9: تصویر سه بعدی چند وجهی در بررسی مغز جنین کمک بسزایی می‌کند. این تصویر با نظم ارتوگونال عالی از یک جنین 26 هفته مشاهده تمام ساختمان‌های مجمله را در 3 مقطع امکان‌پذیر می‌سازد. مقطع کروئال ترنس کودیت (پلن A) شاخ‌های فرونتال (fh) بطن‌های جانبی، در دو طرف کاووم سپتوم پلوسیدوم (*) و قسمت‌های قدامی اینسولا (سر پیکان) را نشان می‌دهد. در مقطع میدسازیتال (پلن B)، کورپوس کالوزوم، کاووم سپتی پلوسیدوم (*) و کاووم ورگا (V)، به همراه ورمیس (ve) و با وسعت کمتر (ناشی از زاویه تابش) ساقه مغز (b) دیده می‌شوند. در مقطع بازسازی شده محوری (مقطع C) اینسولا (سر پیکان) به همراه کاووم سپتوم پلوسیدوم (*) و کاووم ورگا (V) به وضوح قابل رویت هستند.

نوروسونوگرافی در هفته 13 تا 17 بارداری :

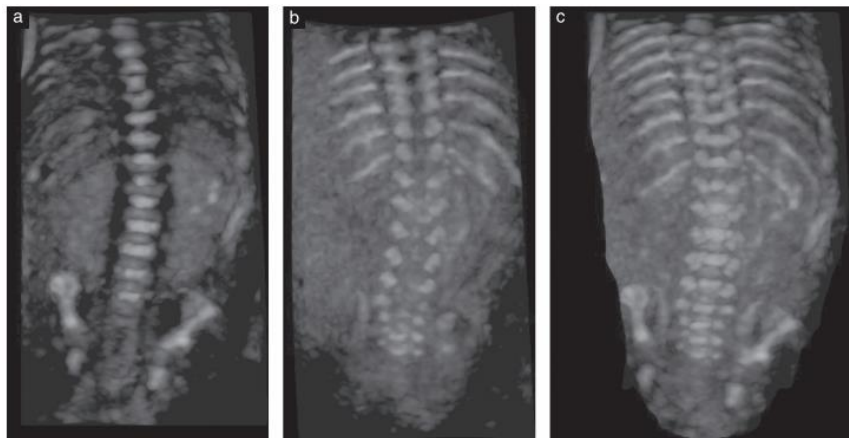
معرفی ترانسدیوسرهای با فرکانس بالا برای کاربرد بالینی (25-28) و افزایش تمایل به ارزیابی آناتومیکال در سنین پایین‌تر بارداری و همچنین توصیه ISUOG و سایرین (29-31) منجر به ارجاع زودهنگام بیماران ناشی از موارد مشکوک به ناهنجاری مغز یا ستون فقرات شده است. با این حال، بررسی پیشرفته مغز جنین در هفته 13 - 14 بارداری به دلیل سرعت تغییرات CNS جنین حول و حوش این سنین بارداری، بنوعی به هفته 15 تا 17 موکول می‌شود.

روش توصیه شده، سونوگرافی واژینال است. گرچه ترانسدیوسرهای شکمی نوین با فرکانس بالاتر اجازه بررسی کامل نوروسونوگرافی زودهنگام را بویژه در مواردی که BMI مادر کمتر از 25 کیلوگرم بر متر مربع است و فوکوس بر بررسی حفره خلفی نیست، را فراهم می‌سازند، اما بکارگیری ترانسدیوسرهای واژینال با فرکانس‌های بالاتر (6 تا 12 مگاهرتز) باعث بهبود واضح تصویر آناتومی مغز جنین شده و امکان ارزیابی کامل‌تری از این ناحیه آناتومیکال را فراهم می‌سازد. رویکرد انتخابی در هفته 13-14 بارداری شامل بررسی مقاطع آگزیال، ترنس و نتریکولار (شکل 11a) و ترنس

تلامیک (شکل 11b) به همراه مقطع مید ساژیتال (شکل 11c)، بازسازی شده از اطلاعات بدست آمده از 3D می‌باشد، در حالیکه در سنین بالاتر بارداری، از نمای آگزیکال سر جنین بدست می‌آید. این بررسی بواسطه کم بودن قابل توجه میزان پایین استخوانی شدن جمجمه جنین در ابتدای بارداری امکان‌پذیر می‌شود. این امر به همراه استفاده از تصویربرداری چند وجهی منجر به بدست آمدن تصاویر عالی از نمای کروئال و میدساژیتال سیستم و نتریکولار و تمام مغز می‌شود، گرچه توجه و فوکوس اصلی در این سن بارداری اغلب بر دیانسفالون و حفره خلفی است. (شکل c,d 11)(31).

بواسطه شواهد علمی در حال افزایش مبنی بر تشخیص زودرس اسپینا بیفیدی باز، دستیابی به پلن‌های آگزیکال ضروری است (32،33). تمام یافته‌های سونوگرافی در این زمینه، به علت نشت مایع مغزی - نخاعی از دیسرافیسم باز ایجاد می‌شوند. نماهای کلیدی برای یافتن این نشانه‌ها، پلن ترنس و نتریکولار (34-35) (شکل 11a) و پلن ساژیتال خلفی است (29،32) (شکل 11c). همچنین پلن ساژیتال خلفی، پلن رفرنس برای ارزیابی زودهنگام ناهنجاری‌های ورمیس است (31)، (36). ارزیابی ورمیس بویژه در موارد ناهنجاری منفرد ورمیس، باید با احتیاط زیاد انجام شود، زیرا خطر تشخیص مثبت کاذب زیاد است. در صورت هر گونه شک به اسپینا بیفیدا، باید ستون فقرات به روش واژینال بارزولوشن بالا ارزیابی شود.

در سن بارداری 15-17 هفته نیز برای بررسی ساختمان‌هایی که در سن پایین تر بارداری دیده نمی‌شوند همچنان استفاده از روش واژینال توصیه می‌شود. (10، 38، 39). به دلیل پوزیشن سر جنین و تسهیل از طریق مسیر ترنس فونتائل / سوچورساژیتال مقاطع ترجیحی کروئال و ساژیتال هستند (شکل 12). مقاطع آگزیکال هم از طریق سونوگرافی شکمی و هم از طریق سونوگرافی واژینال با حرکت¹ سر جنین، یا با استفاده از بازسازی 3D گرفته می‌شوند.



¹ Manipulation

شکل 10 . تصویر سه بعدی (3D) surface-rendering از ستون فقرات جنین در 22 هفته بارداری: نمای کروئال . این تصاویر با اولتراسوند 3D از همان حجم سونوگرافیک با استفاده از زاویه دادن و ضخامت متفاوت پرتو اولتراسوند گرفته شده‌اند. : (a) پرتو نازک از طریق جسم مهره . (b) همان اورینیشن کمی خلفی تر برای نشان دادن کمان‌های خلفی مهره . (c) استفاده از پرتو اولتراسوند ضخیم برای نشان دادن همزمان سه کانون استخوانی مهره‌ها

مقطع ترنس و نتریکولار : در هفته 13 تا 14 ، مقطع ترنس و نتریکولار اجازه بررسی میزان مایع مغزی نخاعی اطراف شبکه کورونید ، خط وسط و لایه نازک پارانشیم در حال نمو مغز و بطنهای جانبی را فراهم می‌سازد (شکل 11a) . در سن بارداری 15 تا 17 هفته ، می‌توان اطلاعات بیشتری راجع به پارانشیم و سیستم بطنی مغز بدست آورد .

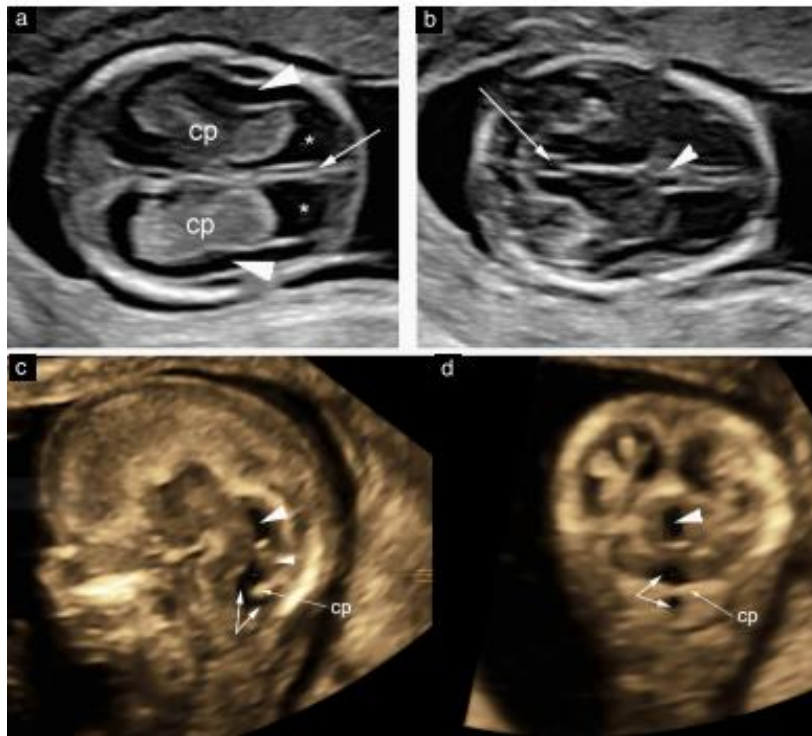
به این نکته باید دقت شود که در این سن بارداری اغلب یک ساختمان بیضی شکل بدون اکوا¹ در راستای خط وسط مشاهده می‌شود (شکل 12a) . اخیراً نشان داده شده است که این ساختمان ، که قبلاً تصور می‌شد بطن سوم است، در واقع کاووم ولی اینترپوزیتی² است (شکل 12) و بطور شایعی در نیمی از جنین های 13-17 هفته قابل رویت است. (38)

نمای میدسائزیتال/میانی . در هفته 13 تا 14 بارداری از آنجایی که آکواداکت واضح تر از مراحل بعدی بارداری است ، موجبات بررسی دقیق سیستم بطنی را فراهم می‌سازد (شکل 11 c) . بعلاوه این مقطع بهترین مسیر برای بررسی آناتومی زیر تنتوریوم در مواردی است که "حفره خلفی" کیستیک که معمولاً یافته نرمال مرتبط با نمو این ساختمان‌ها می‌باشد، در غربالگری سه ماهه اول NT³ کشف می‌شود. (33)

¹ Anechogenic

² Cavum veli interpositi

³ Nuchal translucency screening

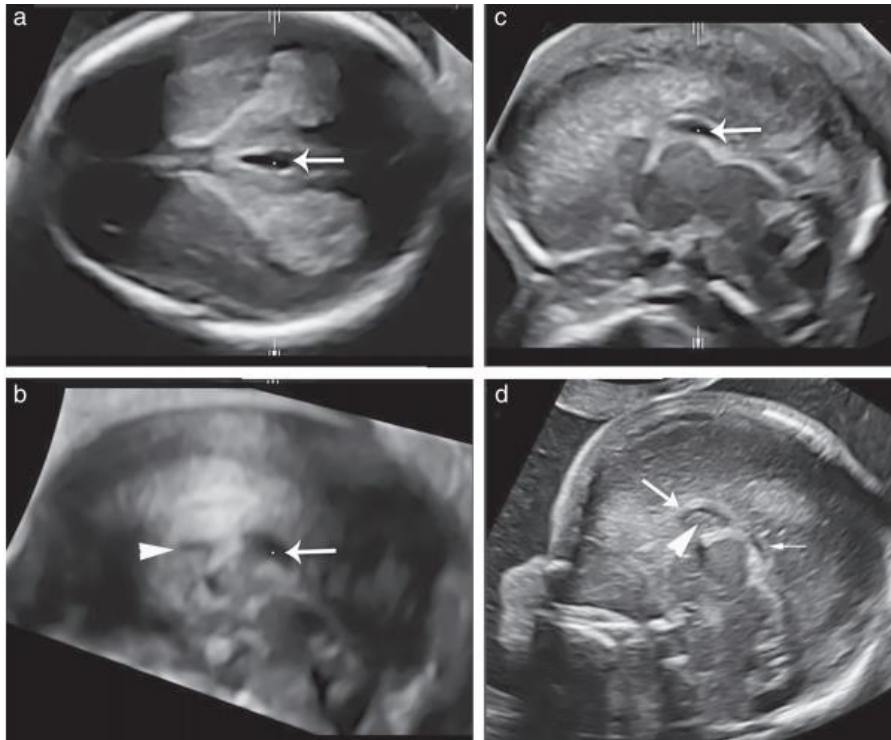


شکل 11: نورسونوگرافی در هفته 13 بارداری . (a) مقطع آگزپال ترنس و نتریکولار : نشان دهنده فالکس در خط وسط (پیکان) و "باترفلای ساین" که توسط کورئید پلکسوس های (cp) تشکیل شده است. با شواهدی از مایع مغزی- نخاعی (*). حاشیه باریک پارانشیم در حال نمودن نیز بصورت یک بافت نواری بدون اکو (سرهای پیکان) قابل رویت است که در سطح خارجی با مننژ هیپراکو و همچنین در سطح مدیال با خط هیپراکوی اپنڈیمال احاطه شده است . (b) نمای محوری ترنس تالامیک : برش این مقطع در محازات دیانسفالون و آکواداکت زده شده است (پیکان) . فالکس در قسمت قدامی و همچنین اولین نشانه‌های کاووم سپتوم پلوسیدوم (CSP) ، بصورت نامنظمی در فالکس (سر پیکان) مشهود هستند . باید تاکید کرد که CSP فقط در برخی موارد ، با ترانسدیوسرهای با فرکانس بالا دیده می‌شود . (c,d) مقاطع کروئال میدسازیتال و کروئال خلفی که با تصاویر بازسازی شده حجمی 3D گرفته شده توسط پروب واژینال بهتر قابل دیدن هستند. به دلیل نیاز به تصحیح تصاویر چند وجهی (c) ساختمان‌هایی که می‌توانند در مقطع میدسازیتال بازسازی شده تشخیص داده شوند : آکواداکت سیلویوس (سر پیکان بزرگ) که برای این سن بارداری تیبیک است ، در جلوی آکوا داکت : دیانسفالون هیپواکوئیک؛ حفره خلفی با تداوم بین بطن چهارم و Blake's pouch فیزیولوژیک (پیکان دوتایی) . کورونئیدپلکسوس های (cp) هیپراکوژنیک بطن چهارم بین بطن چهارم و Blake's pouch ، همراه با ورمیس (سر پیکان) در بالای آن . (d) در مقطع کروئال خلفی بازسازی شده ، در محاذات آکواداکت سیلویوس ، آکواداکت واضحاً مشاهده می‌شود. (سر پیکان) . زیر آن ، بطن چهارم و Blake's pouch (پیکان دوتایی) با کورونئید پلکسوس (cp) بطن چهارم از هم جدا شده‌اند .

در برخی موارد، از هفته 14- 17 بارداری ، اولین شواهد کاووم سپتوم پلوسیدوم و قسمت قدامی کورپوس کالوزوم می‌تواند رویت شود (شکل d 12). در حفره خلفی ، آناتومی ورمیس مخچه در حال نمو می‌تواند بررسی شود. فرد انجام دهنده باید از این واقعیت آگاه باشد که در این سن بارداری ظاهر مخچه کاملاً با آنچه که عادت کرده‌ایم در اسکن 18-23 هفته ببینیم متفاوت است . یک مثال این مورد بطن چهارم است که در ابتدا با پاچ بلیک¹ و وقتی که پاچ بلیک برای تشکیل سوراخ ماژندی² پاره می‌شود ، با سیسترنای مگنا ادامه می‌یابد. (شکل 11 و 12). (40، 41)

¹ The Blake's pouch

² The Magendie foramen



شکل 12 (a-c) نروسونوگرافی در هفته 15 بارداری (a) در مقطع ترنس و نتریکولار ، ساختمان بیضی شکل اکوژنیک (پیکان) در محاذات خط وسط واضح است . (b) مقطع بازسازی شده میدسازیتال مطابق و برگرفته از (a) ، نشان می‌دهد که با توجه به موقعیتش این ساختمان کاوم ولی اینترپوزیتی (CVI) است (پیکان) . همچنین جوانه اولیه کورپوس کالوزوم در این مقطع مشهود است (سر پیکان) . (c) تصویر دوبعدی در نمای مید سازهیتال همان جنین، همان یافته‌های تصویر (b) را با وضوح تصویر بالاتری را نشان می‌دهد. (d) در هفته 16 بارداری ، جوانه اولیه کورپوس کالوزوم (پیکان بزرگ) و کاوم سپتوم پلوسیدوم کوچک (سر پیکان) را می‌توان با سونوگرافی واژینال با فرکانس بالا نشان داد. همچنین رگ‌سیون CVI هم می‌توان مشاهده کرد (پیکان کوچک).

گرچه پتانسیل بررسی زود هنگام آناتومیکال بطور قابل توجهی افزایش یافته است، در بسیاری موارد انجام نروسونوگرافی پس از هفته 20 لازم است. استثنائات مهم ناهنجاری‌های کشنده یا تقریباً کشنده مثل اگز نسفالی-انانسفالی ، سفالوسل واضح و هولوپرز نسفالی هستند که تشخیص واضح است و نیاز به پیگیری مجدد با سونوگرافی نیست.

• تصویر برداری رزونانس مغناطیسی (MRI) بعنوان مکمل نروسونوگرافی در نظر گرفته شده است و می‌تواند در مواردی که نروسونولوژیستی که سونوگرافی هدفمند CNS جنین را انجام می‌دهد نتواند پاسخی برای سوال اختصاصی مطرح شده بیابد، اطلاعات کلینیکی مهمی را اضافه کند. وقتی بررسی نروسونوگرافیک در دسترس نباشد یا سطح مهارت کافی نباشد، در صورتیکه که اپراتور آموزش کافی در زمینه MRI مغز جنین دیده باشد، MRI مغز جنین می‌تواند بعنوان خط دوم بررسی مد نظر قرار بگیرد. (نکته خوب کاربردی).

گاید لاین ISUOG برای نحوه انجام و گزارش MRI جنین قابل دسترسی است و اطلاعات مفیدی را در مورد این تکنیک ارائه می‌دهد. (42). باید روی این نکته تاکید کرد که وقتی اندیکاسیون‌های این مودالیتی مکمل مناسب باشند و سوال تشخیصی بطور شفاف مشخص باشد، ممکن است MRI نقش مهم و بسزایی در تشخیص نهایی داشته باشد.

با اینحال MRI باید فقط پس از انجام نروسونوگرافی توسط فرد دوره دیده و گذاشتن اندیکاسیون توسط این فرد و بعنوان مکمل نروسونوگرافی، در صورتی که هنوز برای تشخیص و پاسخ سوال کلینیکی اندیکاسیون دارد، انجام شود. شواهد منتشر شده نشان می‌دهند که وقتی یک نروسونوگرافی کامل توسط اپراتور با تجربه، بر طبق کرایتریاهایی که در این راهنما درج شده انجام شود، فقط در 7 تا 15 درصد موارد نیاز به انجام MRI است. (43-45) و دانستن این موضوع بخاطر اجتناب از دستپاچه کردن بیمار و جلوگیری از ارجاعات بیمورد برای انجام MRI، در موارد شک به ناهنجاری CNS در سونوگرافی غربالگری و یا نروسونوگرافی ساب اپتیمال که شرایط درج شده در این راهنما رعایت نشده باشد، مهم است (42،46).

This Guideline was produced on behalf of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG) by the following authors, and peer reviewed by the Clinical Standards Committee

D. Paladini, Fetal Medicine and Surgery Unit, Istituto G. Gaslini, Genoa, Italy

G. Malinger, Division of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, Lis Maternity Hospital, Tel Aviv Sourasky Medical Centre, Sackler School of Medicine, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

R. Birnbaum, Division of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, Lis Maternity Hospital, Tel Aviv Sourasky Medical Centre, Sackler School of Medicine, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

- A. Monteagudo**, Carnegie Imaging for Women, Obstetrics, Gynecology and Reproductive Science, Icahn School of Medicine at Mount Sinai, New York, NY, USA
- G. Pilu**, Obstetric Unit, Department of Medical and Surgical Sciences, University of Bologna, Bologna, Italy
- L. J. Salomon**, Hopital Necker Enfants Malades, AP-HP, and LUMIERE platform, EA 7328 Universite de Paris, Paris, France
- I. E. Timor-Tritsch**, Division of Obstetrical and Gynecological Ultrasound, NYU School of Medicine, New York, NY, US

CITATION

This Guideline should be cited as: ‘Paladini D, Malinger G, Birnbaum R, Monteagudo A, Pilu G, Salomon LJ, Timor-Tritsch IE. ISUOG Practice Guidelines (updated): sonographic examination of the fetal central nervous system. Part 2: performance of targeted neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2021. <https://doi.org/10.1002/uog.23616>.

منابع

1. Tagliabue G, Tessandori R, Caramaschi F, Fabiano S, Maghini A, Tittarelli A, Vergani D, Bellotti M, Pisani S, Gambino ML, Frassoldi E, Costa E, Gada D, Crosignani P, Contiero P. Descriptive epidemiology of selected birth defects, areas of Lombardy, Italy, 1999. *Popul Health Metr* 2007; 5: 4.
2. Atta CA, Fiest KM, Frolkis AD, Jette N, Pringsheim T, St Germaine-Smith C, Rajapakse T, Kaplan GG, Metcalfe A. Global Birth Prevalence of Spina Bifida by Folic Acid Fortification Status: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Public Health* 2016; 106: e24–34.
3. Myriantopoulos NC. Epidemiology of central nervous system malformations. In *Handbook of Clinical Neurology*. Vinken PJ, Bruyn GW (eds). Elsevier: Amsterdam, 1977; 139–171.
4. Salomon LJ, Alfirevic Z, Berghella V, Bilardo C, Hernandez-Andrade E, Johnsen SL, Kalache K, Leung KY, Malinger G, Munoz H, Prefumo F, Toi A, Lee W, Committee ICS. Practice guidelines for performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011; 37: 116–126.
5. Malinger G, Paladini D, Haratz KK, Monteagudo A, Pilu GL, Timor-Tritsch IE. ISUOG Practice Guidelines (updated): sonographic examination of the fetal central nervous system. Part 1: performance of screening examination and indications for targeted neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; 56: 476–484.
6. Malinger G, Birnbam R, Haratz KK. Dedicated neurosonography for recognition of pathology associated with mild-to-moderate ventriculomegaly. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; 56: 319–323.
7. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE, Mayberry P. Three-dimensional transvaginal neurosonography of the fetal brain: 'navigating' in the volume scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 307–313.
8. Malinger G, Katz A, Zakut H. Transvaginal fetal neurosonography. Supratentorial structures. *Isr J Obstet Gynecol* 1993; 4: 1–5.
9. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A. Transvaginal fetal neurosonography: standardization of the planes and sections by anatomic landmarks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 8: 42–47.
10. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A, Pilu G, Malinger G. *Ultrasonography of the fetal brain*. McGraw-Hill: New York, 2012.
11. Paladini D, Donarini G, Rossi A. Indications for MRI in fetal isolated mild ventriculomegaly ... 'And then, there were none'. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019; 54: 151–155.
12. Napolitano R, Molloholli M, Donadono V, Ohuma EO, Wanyonyi SZ, Kemp B, Yaqub MK, Ash S, Barros FC, Carvalho M, Jaffer YA, Noble JA, Oberio M, Purwar M, Pang R, Cheikh Ismail L, Lambert A, Gravett MG, Salomon LJ, Bhutta ZA, Kennedy SH, Villar J, Papageorgiou AT, International F, Newborn Growth Consortium for the 21st C. International standards for fetal brain structures based on serial ultrasound measurements from Fetal Growth Longitudinal Study of INTERGROWTH-21st Project. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; 56: 359–370.
13. Droulle P, Gaillet J, Schweitzer M. [Maturation of the fetal brain. Echoanatomy: normal development, limits and value of pathology]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 1984; 13: 228–236.
14. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE. Development of fetal gyri, sulci and fissures: a transvaginal sonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 9: 222–228.
15. Cohen-Sacher B, Lerman-Sagie T, Lev D, Malinger G. Developmental milestones of the fetal cerebral cortex. A longitudinal sonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 494–502.
16. Toi A, Chitayat D, Blaser S. Abnormalities of the foetal cerebral cortex. *Prenat Diagn* 2009; 29: 355–371.
17. Poon LC, Sahota DS, Chaemsaitong P, Nakamura T, Machida M, Naruse K, Wah YM, Leung TY, Pooh RK. Transvaginal three-dimensional ultrasound assessment of Sylvian fissures at 18–30 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019; 54: 190–198.
18. Acanfora MM, Stirnemann J, Marchitelli G, Salomon LJ, Ville Y. Ultrasound evaluation of development of olfactory sulci in normal fetuses: a possible role in diagnosis of CHARGE syndrome. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2016; 48: 181–184.
19. Perlitz Y, Izhaki I, Ben-Ami M. Sonographic evaluation of the fetal conus medullaris at 20 to 24 weeks' gestation. *Prenat Diagn* 2010; 30: 862–864.
20. Motter N, Saada J, Jani J, Martin A, Riethmuller D, Zerah M, Benachi A. Sonographic Evaluation of Fetal Conus Medullaris and Filum Terminale. *Fetal Diagn Ther* 2016; 40: 224–230.
21. Rodriguez MA, Prats P, Rodriguez I, Comas C. Prenatal Evaluation of the Fetal Conus Medullaris on a Routine Scan. *Fetal Diagn Ther* 2016; 39: 113–116.
22. Fratelli N, Taddei F, Prefumo F, Franceschetti L, Farina G, Frusca T. Interobserver reproducibility of transabdominal 3-dimensional sonography of the fetal brain. *J Ultrasound Med* 2009; 28: 1009–1013.
23. Maiz N, Alonso I, Belar M, Burgos J, Irsarri A, Molina FS, de Paco C, Pijoan JJ, Plasencia W, Rodo C, Rodriguez MA, Tajada M, Tubau A. Three dimensional ultrasonography for advanced neurosonography (Neurosofe-3d). Analysis of acquisition-related factors influencing the quality of the brain volumes. *Prenat Diagn* 2016; 36: 1054–1060.
24. Buyukkurt S, Binokay F, Seydaoglu G, Gulec UK, Ozgunen FT, Evruke C, Demir C. Prenatal determination of the upper lesion level of spina bifida with three-dimensional ultrasound. *Fetal Diagn Ther* 2013; 33: 36–40.
25. Bronshtein M, Blumenfeld Z. Transvaginal sonography-detection of findings suggestive of fetal chromosomal anomalies in the first and early second trimesters. *Prenat Diagn* 1992; 12: 587–593.
26. Pooh RK. Neurosonoembryology by three-dimensional ultrasound. *Semin Fetal Neonatal Med* 2012; 17: 261–268.
27. Rottem S, Bronshtein M, Thaler I, Brandes JM. First trimester transvaginal sonographic diagnosis of fetal anomalies. *Lancet* 1989; 1: 444–445.
28. Votino C, Kacem Y, Dobrescu O, Dessy H, Cos T, Foulon W, Jani J. Use of a high-frequency linear transducer and MTI filtered color flow mapping in the assessment of fetal heart anatomy at the routine 11 to 13 + 6-week scan: a randomized trial. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2012; 39: 145–151.
29. Chaoui R, Nicolaides KH. From nuchal translucency to intracranial translucency: towards the early detection of spina bifida. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2010; 35: 133–138.
30. Salomon LJ, Alfirevic Z, Bilardo CM, Chalouhi GE, Ghi T, Kagan KO, Lau TK, Papageorgiou AT, Raine-Fenning NJ, Stirnemann J, Suresh S, Tabor A, Timor-Tritsch IE, Toi A, Yeo G. ISUOG practice guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; 41: 102–113.
31. Paladini D, Donarini G, Parodi S, Chaoui R. Differentiating features of posterior fossa at 12-13 weeks' gestation in fetuses with Dandy-Walker malformation and Blake's pouch cyst. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019; 53: 850–852.
32. Chen FC, Gerhardt J, Entezami M, Chaoui R, Henrich W. Detection of Spina Bifida by First Trimester Screening - Results of the Prospective Multicenter Berlin IT-Study. *Ultraschall Med* 2017; 38: 151–157.

33. Meller C, Aiello H, Otano L. Sonographic detection of open spina bifida in the first trimester: review of the literature. *Childs Nerv Syst* 2017; 33: 1101–1106.
34. Chaoui R, Benoit B, Entezami M, Frenzel W, Heling KS, Ladendorf B, Pietzsch V, Sarut Lopez A, Karl K. Ratio of fetal choroid plexus to head size: simple sonographic marker of open spina bifida at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; 55: 81–86.
35. Ushakov F, Sacco A, Andreeva E, Tudorache S, Everett T, David AL, Pandya PP. Crash sign: new first-trimester sonographic marker of spina bifida. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019; 54: 740–745.
36. Volpe P, Persico N, Fanelli T, De Robertis V, D'Alessandro J, Boito S, Pilu G, Votino C. Prospective detection and differential diagnosis of cystic posterior fossa anomalies by assessing posterior brain at 11–14 weeks. *Am J Obstet Gynecol MFM* 2019; 1: 171–183.
37. Malinger G, Lev D, Lerman-Sagie T. The fetal cerebellum. Pitfalls in diagnosis and management. *Prenat Diagn* 2009; 29: 372–380.
38. Birnbaum R, Barzilay R, Brusilov M, Wolman I, Malinger G. The normal cavum veli interpositi at 14–17 weeks: three-dimensional and Doppler transvaginal neurosonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020. DOI: 10.1002/uog.22176.
39. Birnbaum R, Barzilay R, Brusilov M, Wolman I, Malinger G. The early pattern of human corpus callosum development: A transvaginal 3D neurosonographic study. *Prenat Diagn* 2020; 40: 1239–1245.
40. Babcock CJ, Chong BW, Salamat MS, Ellis WG, Goldstein RB. Sonographic anatomy of the developing cerebellum: normal embryology can resemble pathology. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 166: 427–433.
41. Contro E, Volpe P, De Musso F, Muto B, Ghi T, De Robertis V, Pilu G. Open fourth ventricle prior to 20 weeks' gestation: a benign finding? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014; 43: 154–158.
42. Prayer D, Malinger G, Brugger PC, Cassady C, De Catte L, De Keersmaecker B, Fernandes GL, Glanc P, Goncalves LF, Gruber GM, Laifer-Narin S, Lee W, Millischer AE, Molho M, Neelavalli J, Platt L, Pugash D, Ramaekers P, Salomon LJ, Sanz M, Timor-Tritsch IE, Tutschek B, Twickler D, Weber M, Ximenes R, Raine-Fenning N. ISUOG Practice Guidelines: performance of fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2017; 49: 671–680.
43. Malinger G, Ben-Sira L, Lev D, Ben-Aroya Z, Kidron D, Lerman-Sagie T. Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 23: 333–340.
44. Paladini D, Quarantelli M, Sglavo G, Pastore G, Cavallaro A, D'Armiento MR, Salvatore M, Nappi C. Accuracy of neurosonography and MRI in clinical management of fetuses referred with central nervous system abnormalities. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014; 44: 188–196.
45. Malinger G, Paladini D, Pilu G, Timor-Tritsch IE. Fetal cerebral magnetic resonance imaging, neurosonography and the brave new world of fetal medicine. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2017; 50: 679–680.
46. Di Mascio D, Sileo FG, Khalil A, Rizzo G, Persico N, Brunelli R, Giancotti A, Panici PB, Acharya G, D'Antonio F. Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019; 54: 164–171.

Classification of evidence levels

- 1++ High-quality meta-analyses, systematic reviews of randomized controlled trials or randomized controlled trials with very low risk of bias
- 1+ Well-conducted meta-analyses, systematic reviews of randomized controlled trials or randomized controlled trials with low risk of bias
- 1– Meta-analyses, systematic reviews of randomized controlled trials or randomized controlled trials with high risk of bias
- 2++ High-quality systematic reviews of case–control or cohort studies or high-quality case–control or cohort studies with very low risk of confounding, bias or chance and high probability that the relationship is causal
- 2+ Well-conducted case–control or cohort studies with low risk of confounding, bias or chance and moderate probability that the relationship is causal
- 2– Case–control or cohort studies with high risk of confounding, bias or chance and significant risk that the relationship is not causal
- 3 Non-analytical studies, e.g. case reports, case series
- 4 Expert opinion

Grades of recommendation

- A** At least one meta-analysis, systematic review or randomized controlled trial rated as 1++ and applicable directly to the target population; or a systematic review of randomized controlled trials or a body of evidence consisting principally of studies rated as 1+ applicable directly to the target population and demonstrating overall consistency of results
- B** Body of evidence including studies rated as 2++ applicable directly to the target population and demonstrating overall consistency of results; or extrapolated evidence from studies rated as 1++ or 1+
- C** Body of evidence including studies rated as 2+ applicable directly to the target population and demonstrating overall consistency of results; or extrapolated evidence from studies rated as 2++
- D** Evidence level 3 or 4; or evidence extrapolated from studies rated as 2+
- Good practice point** Recommended best practice based on the clinical experience of the guideline development group