

Ультразвуковий вигляд груднини плода*

F. Manson, Ph. Jeanty

Fecamp, France

Inner Vision Women's Ultrasound, Nashville, USA

Резюме. Допологова діагностика такої рідкісної вади розвитку як розколина (щілини) груднини плода потребує знання звичайного ультразвукового вигляду груднини плода та її фізіологічних та анатомічних варіантів. Представлена динаміка анатомічних змін груднини, а також її рухливості, розташування сусідніх структур протягом вагітності.

Ключові слова: плід, груднина, ембріогенез, анатомія, ультразвукове обстеження.

Вступ. Незважаючи на їх рідкісність, все ж зустрічаються такі вади розвитку, як розколина (щілини), що ушкоджують груднину (sternum) плода. Допологове розпізнання таких аномалій потребує знання звичайного ультразвукового вигляду груднини плода та її фізіологічних варіантів.

Ембріологія. Груднина має мезодермальне походження [6, 8]. Протягом 6-го тижня вона утворюється з парних поздовжніх скупчень мезенхімальної тканини, розташованих на кожному боці передньої стінки грудної клітини і названих груднинними пластинками (sternal bars) [5–8, 14, 15] (рис. 1). Згодом ці груднинні пластинки пересуваються до серединної лінії та зливаються, утворюючи єдину груднинну пластину. Це злиття починається від головного краю груднинних пластинок і поширюється в краніо-каудальному напрямку. Закінчується воно на 10-му тижні [5, 6, 7, 8, 14, 15].

Після утворення хрящів груднина зазнає розділення на декілька поперечних частин, утворюючи низку з 6-ти хрящових сегментів, які називають стернебрами (sternebrae) або сегментами (segmentae): 1 сегмент є для рукоятки (manubrium), 4 – для тіла та 1 – для мечоподібного відростка (processus xiphoidalis) [1, 7]. Кісткоутворення груднини відбувається поступово, з хрящових попередників [14]. Осередки ендохондрального кісткоутворення утворюються у кожному хрящовому сегменті груднини і з'являються на початку зародкового життя [7,23]. Вони виникають у рукоятці і зазвичай поширюються також у краніо-каудальній послідовності [1, 7, 8, 14, 16, 18]. Всередині хрящового центру можуть бути один чи два центри кісткоутворення. Останні, з двома центрами, відбивають своє двобічне зародкове походження [23].

Злука суміжних стернебрів, розпочинаючись від центрального осифікаційного містка, поширюється на передні, бокові, цефало-каудальні та задні ділянки, об'єднуючи їх. Додаткові та подвійні центри кісткоутворення (всередині тих самих міжреберних ділянок) зливаються раніше за сусідні суміжні стернебри [23]. Стернебри не завжди осифікуються однаково, тому є велике різноманіття кількості та вигляду осередків кісткоутворення в груднині, що розвивається [16]. Більше того, кісткоутворення може бути неодноточасним [18]. Порушення цього фізіологічного епіфізіодезу груднинних пластинок призводить до таких вад

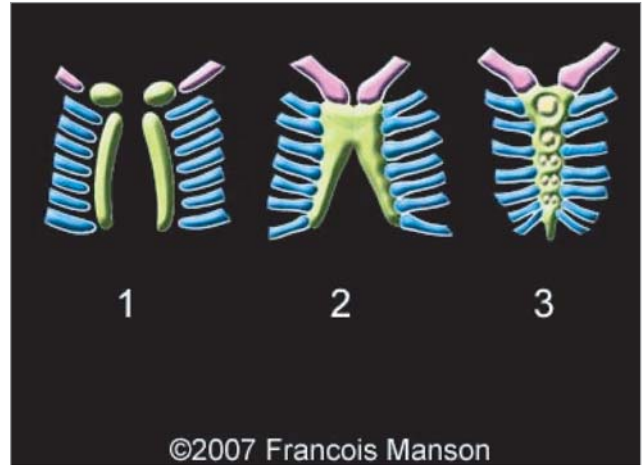


Рис. 1. Ембріологія людської груднини (зелений колір – груднинні пластинки, синій – ребра, рожевий – ключиці)

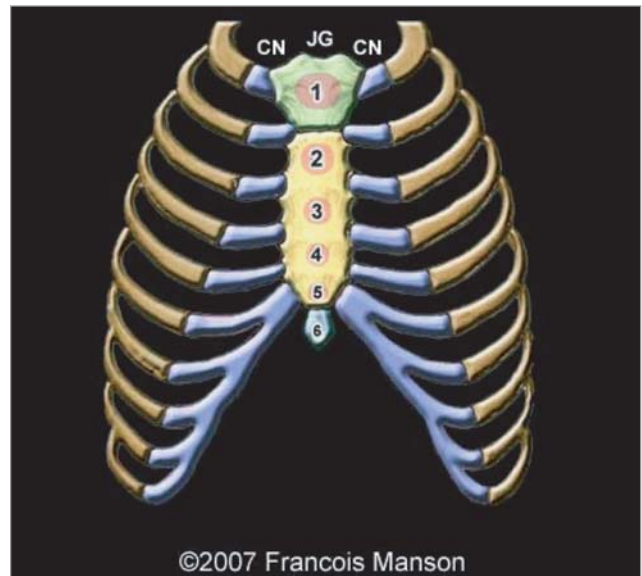


Рис. 2. Побудова людської груднини з осередками кісткоутворення (зелений колір – рукоятка, жовтий – тіло, синій – мечоподібний відросток). Ключиці не представлені, але вони входять до ключичних заглибин (CN), розділених яремною виймкою (JG)

розвитку як розколина груднини або агенезія груднини [5, 6, 8, 14].

Анатомія. Груднина є витягнутою плоскою структурою в середній частині передньої стінки грудної клітини. Протягом життя плода вона проходить етап необхідного хрящоутворення, а потім поступово осифікується [1, 7]. Складається з трьох частин, які мають назви в краніо-каудальному напрямку: рукоятка, тіло (або малий меч, gladius від лат. gladius – заув. тлумача) та мечоподібний відросток [1, 7, 18] (рис. 2). У своєму природному положенні груднина має косий нахил зверху вперед додолу, вона дещо вигнута попереду та увігнута ззаду [1, 7].

*<http://www.thefetus.net/> Друкується з люб'язного дозволу авторів. Пер. укр. О. Соловйова – solovyov@ivf.com.ua , www.ivf.com.ua .

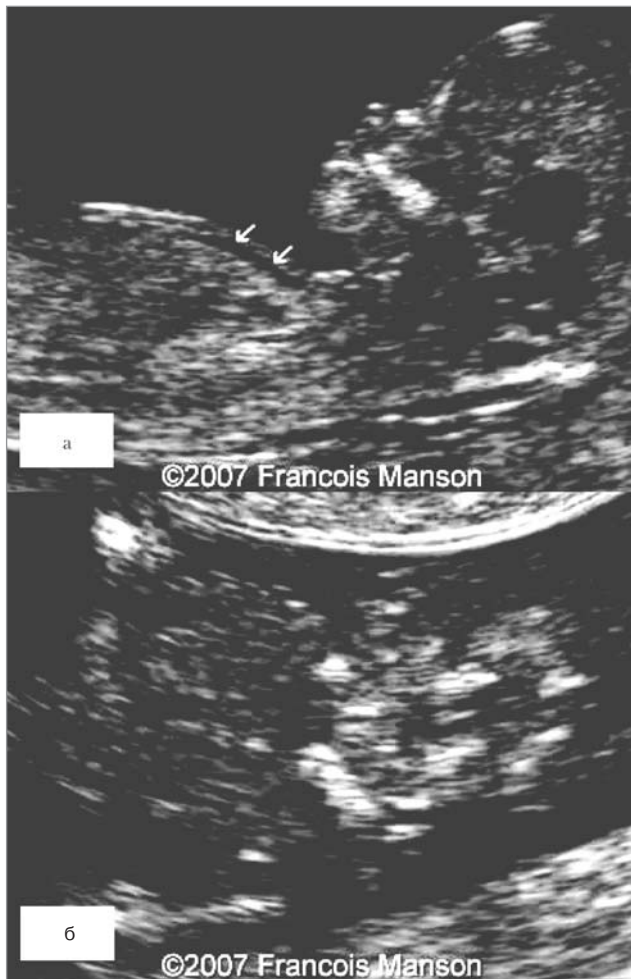


Рис. 3. УЗД груднини плода: *а* – серединний зріз груднини в 13 тижнів (груднина виглядає як дещо викривлена гіпоехогенна побудова з чіткими межами (стрілочки)); *б* – вінцевий зріз, одержаний через піхвове УЗД (груднина виглядає гіпоехогенною, і її загальна форма може бути розпізнаною)

Рукоятка майже чотирикутна на вигляд, широка і товста біля свого верхнього краю та звужена в місці з'єднання із тілом груднини [1]. З кожного боку тіла до неї кріпляться м'язи *mm. pectoralis major, sternocleidomastoideus, sternohyoideus* та *sternothyroideus* [1]. Верхній край в середині має яремну (*jugular*) чи передгруднинну (*presteranal*) виїмку. Обабіч цієї виїмки знаходяться овальні суглобові поверхні для утворення суглобів із груднинними кінцями обох ключиць [1, 7]. Нижній край з'єднується з тілом груднини. Бокові краї зверху мають відбитки заглибин хряща першого ребра, а знизу – малу поверхню суглоба, подібну такій на верхньому куті тіла груднини, які обидві утворюють виїмку для з'єднання із хрящем другого ребра [1].

Тіло груднини є значно довшим, вужчим та тоншим за рукоятку [1, 7]. Його передня поверхня майже плоска, позначена трьома поперечними гребінцями, які розділяють тіло на 4 сегменти (від сегмента 2 до сегмента 5). Верхній край з'єднується з рукояткою, а нижній вузький край через ділянку гіалінових хрящів – з мечоподібним відростком [23]. Кожен боковий край нагорі має маленьку поверхню для з'єднання із хрящем 2-го ребра. Нижче знаходиться 4 заглибини для хрящів 3-го, 4-го, 5-го та 6-го ребер. На нижньому куті тіла груднини міститься невеличка поверхня, котра, сполучаючись із мечоподібним відростком, утворює виїмки для спільних хрящів 7-го, 8-го, 9-го та 10-го ребер. Ці суглобні заглибини розді-

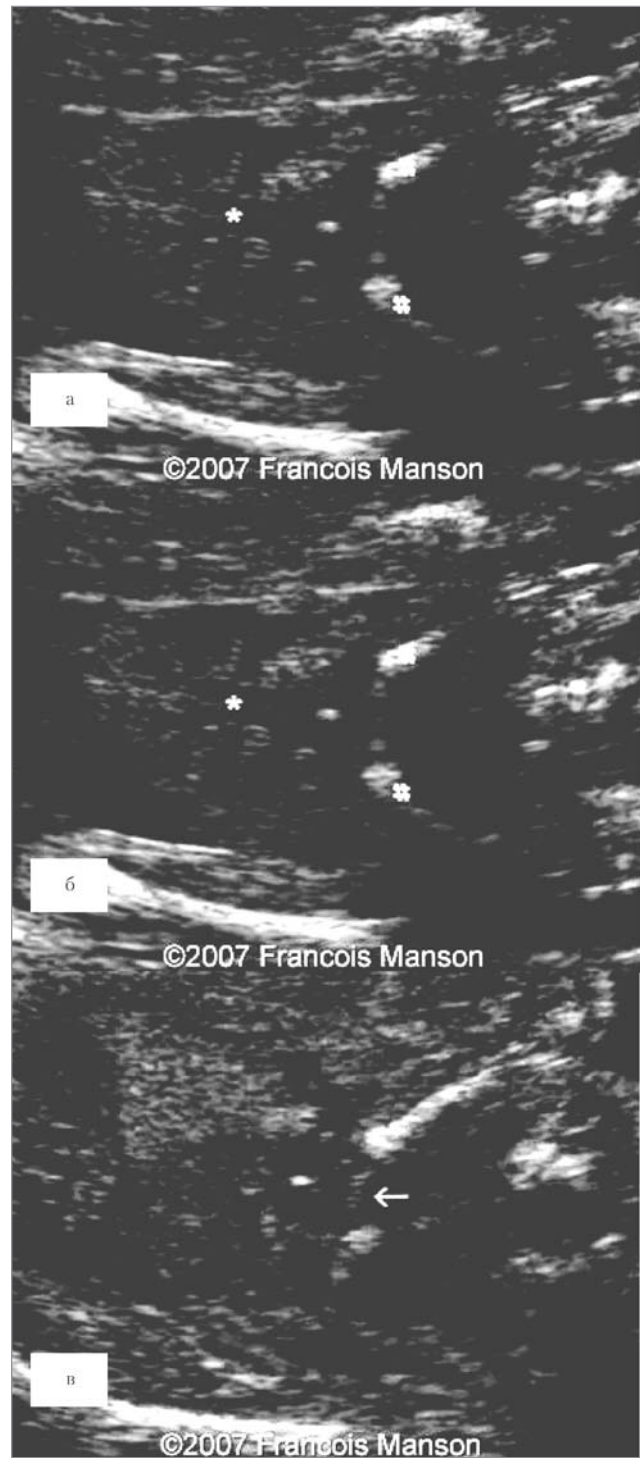


Рис. 4. Динамічне допологове УЗД рукоятки груднини: *а* – чотирикутна рукоятка (в 17 тижнів) з невиразним центром кісткоутворення (рукоятка розташована між передніми кінцями обох ключиць (#) та тілом груднини (*)); такий зріз може бути корисним для визначення високих розколин груднини; високі розколини груднини викликають збільшення відстані між внутрішніми кінцями ключиць); *б* – вигляд незміненої рукоятки в 20 тижнів (звертає на себе увагу добра візуалізація (стрілка) яремної виїмки); *в* – рукоятка в 22 тижні

ляються низкою міжсуглобних проміжків для кріплення міжреберних м'язів [1].

Мечоподібний відросток є найменшою частиною із трьох складових. Нагорі він з'єднується з тілом груднини, а попереду кожного верхнього кута має поверхню для частини хряща 7-го, 8-го, 9-го та 10-го ребер. До найнижчої його частини кріпиться біла лінія (*linea alba*) та, на

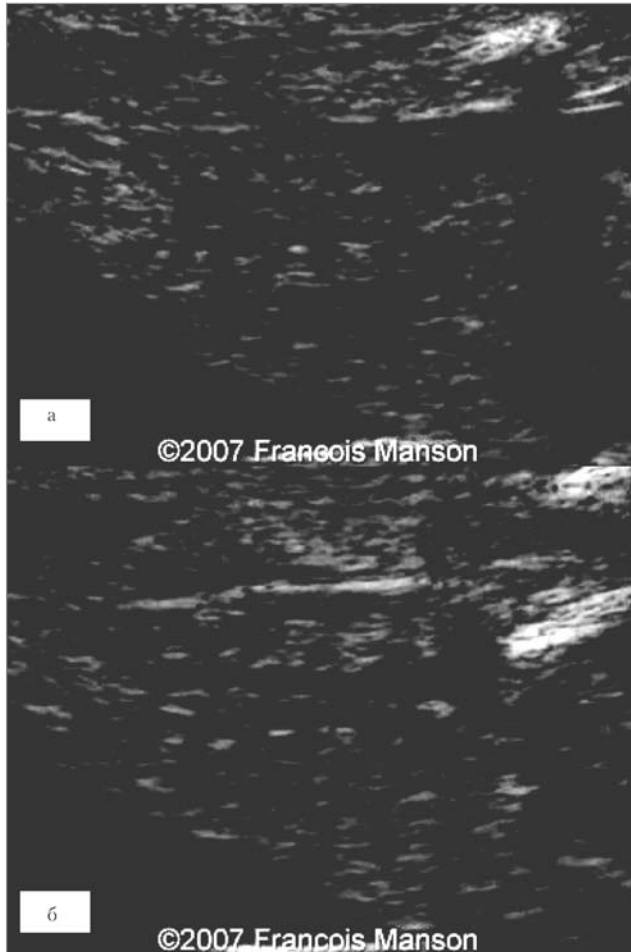


Рис. 5. УЗД тіла груднини на 17 тижні вагітності: *a* – гіпоехогенне тіло груднини без осередка кісткоутворення (зверніть увагу на зімкнуті хрящі); *b* – помітна дуже тонка, ледь ехогенна серединна лінія, яка, вірогідно, відповідає місцю злуки двох груднинних пластинок

задній поверхні, діафрагма. Мечоподібний відросток дуже відрізняється за своєю формою та розмірами [1].

Ультразвукове дослідження (УЗД) плодової груднини. З метою полегшення розгляду зображень домовимось, що для кожного серединного чи вінцевого зрізу головка плода (в цій статті) знаходиться праворуч від зображення, а живіт плода знаходиться ліворуч.

I триместр. Як розглянуто в ембріологічному розділі, розвиток плодової груднини закінчується в 10 тижнів. Таким чином, при дослідженні в 12 тижнів вона може бути оглянута. Але в цей час вивчення груднини є досить складним внаслідок частого згинання головки дитини до грудної клітини, а також тому, що товщина груднини порівняна до товщини ультразвукового розтину. Тим не менш, як показано нижче, груднину плода можна побачити (рис. 3).

II триместр і ранній III триместр. За нашим досвідом, саме цей інтервал (між 18 та 26 тижнями) є найліпшим часом для оцінки груднини внаслідок відсутності або малої кількості осередків кісткоутворення. Груднина може бути оглянутою в трьох площинах, але найбільш інформативною є вінцева площина. Внаслідок своєї природної викривленості груднина може бути оглянутою по всій довжині лише в серединному розрізі. В цей час груднина переважно хрящова, тому виглядає гіпоехогенною порівняно до оточуючих тканин. Оцінити загальну форму

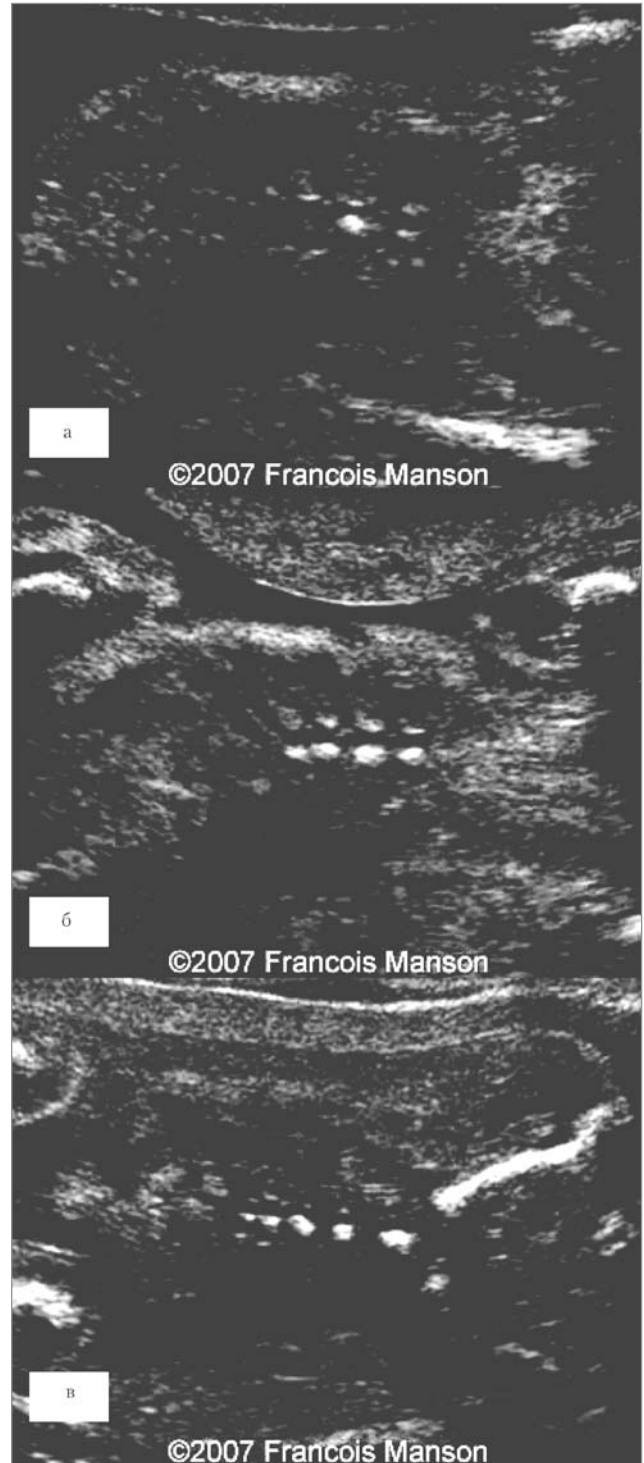


Рис. 6. УЗД тіла груднини у II триместрі вагітності: *a* – тіло груднини на 21 тижні, з початковим кісткоутворенням 2-го груднинного сегменту; *b* – тіло груднини на 22 тижні, з наявним осередком кісткоутворення в 4-х сегментах (зауважте різницю осифікації на двох зображеннях, зроблених приблизно в однаковому віці вагітності); *в* – тіло груднини на 22 тижні (той же зріз, як на рис. 6 *b*, але іншого плода)

груднини можливо, але неможливо вивчити місця з'єднання між рукояткою, тілом та мечоподібним відростком.

Рукоятка є найскладнішою для оцінки частиною груднини внаслідок тіней від осифікованих ключиць та частого перешкоджання верхньою частиною плеча при вінцевому зрізі (рис. 4). Як раз на цьому рівні знаходиться перший осередок кісткоутворення.

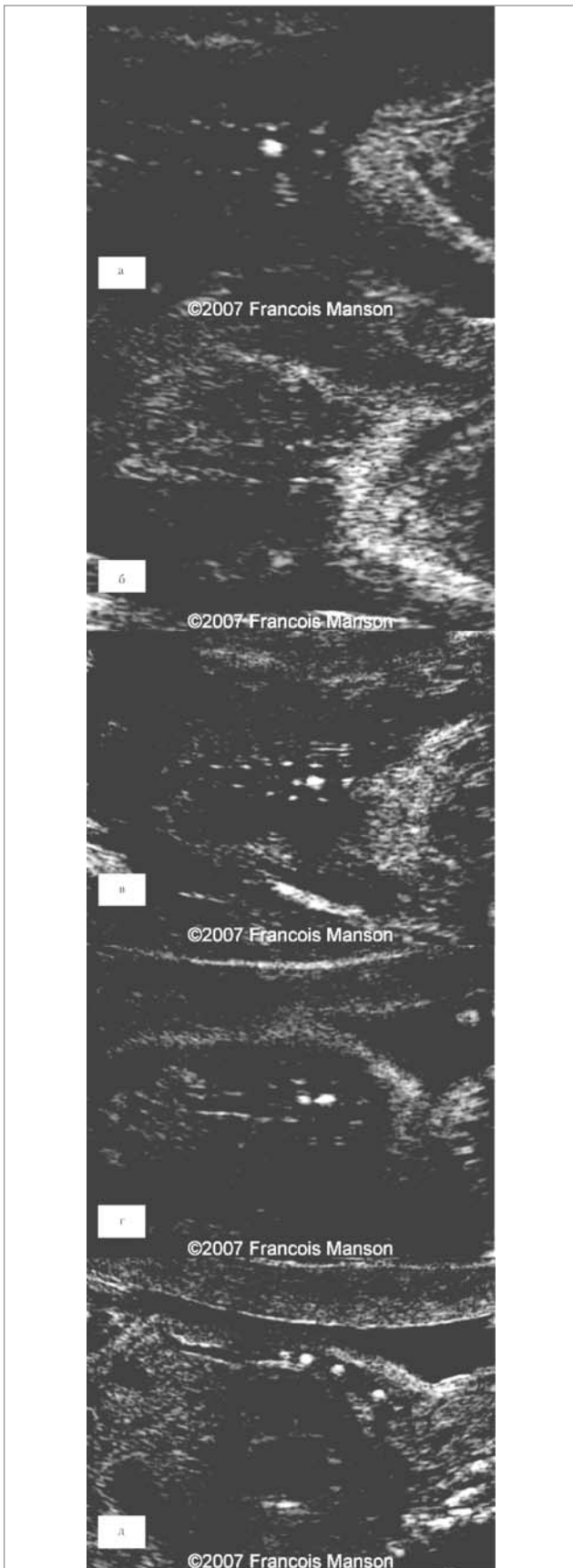


Рис. 7. Динамічне доплерографічне УЗД мечоподібного відростку: *а* – 20 тиждень вагітності, короткий мечоподібний відросток; *б* – 21 тиждень (мечоподібний відросток виглядає довшим порівняно до рис. 7*б*); *в, г* – дуже довгий мечоподібний відросток в 24 тижні вагітності; *д* – серединний зріз того ж плода, що на рис. 7*в, г* (звертає на себе увагу викривленість довгого мечоподібного відростка)

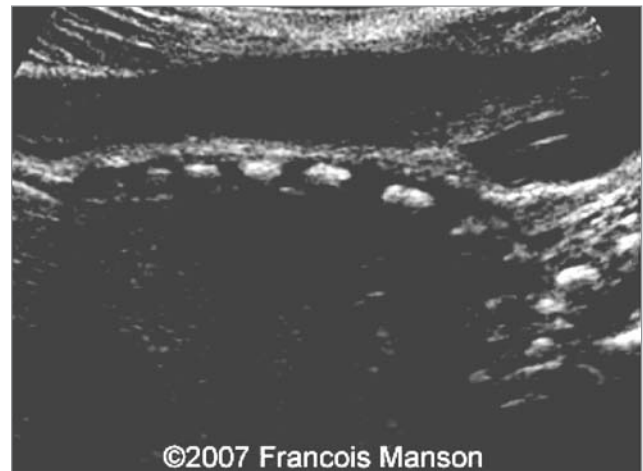


Рис. 8. Звичайний вигляд осередків кісткоутворення в 32 тижні вагітності (звертає на себе увагу послідовне зменшення розміру центрів від 1-го до 5-го сегментів)

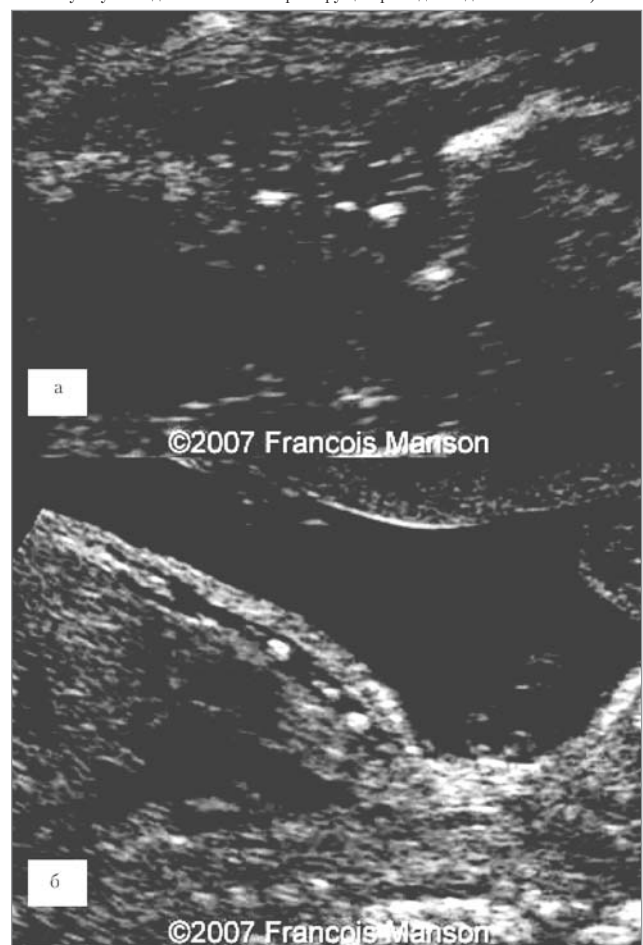


Рис. 9 *а, б*. Неодночасність (асинхронність) розвитку центрів кісткоутворення на 22 тижні (кісткоутворення в сегментах 1-го і 3-го при незначній осифікації 2-го, асинхронного, сегменту)

Тіло груднини. Результати динамічного доплерографічного УЗД тіла груднини наведені на рисунках 5, 6. Ці знімки підтверджують значне різноманіття вигляду центрів кісткоутворення груднини в однаковому віці вагітності.

Мечоподібний відросток. Під час доплерографічного УЗД може бути оглянутим і мечоподібний відросток. Його довжина, форма та кривизна також можуть виглядати дуже по-різному, як показано на знімках (рис. 7).

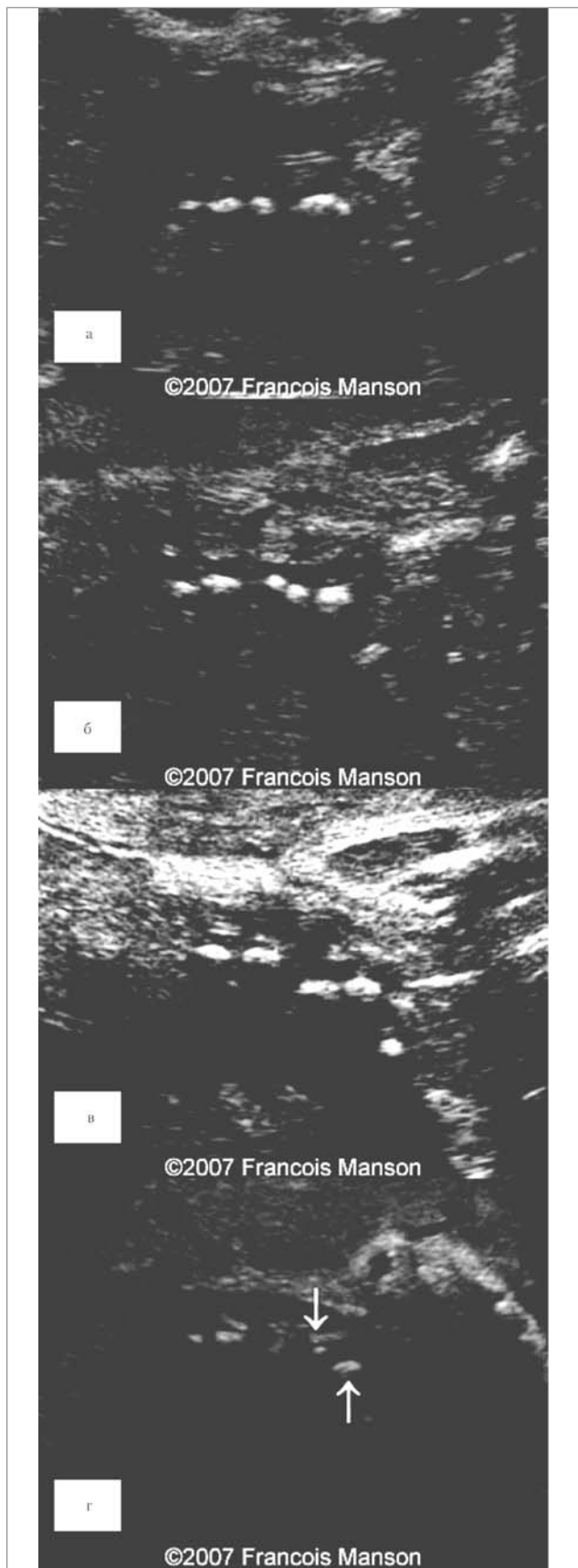


Рис. 10. Порушення стрункості центрів кісткоутворення: а – звичайна досконала стрункість центрів кісткоутворення в 28 тижнів вагітності; б – фізіологічне порушення стрункості осередків осифікації в 27 тижнів; в – фізіологічне порушення стрункості центрів кісткоутворення в 32 тижні; г – приклад подвійного осередку осифікації рукоятки груднини (стрілки)

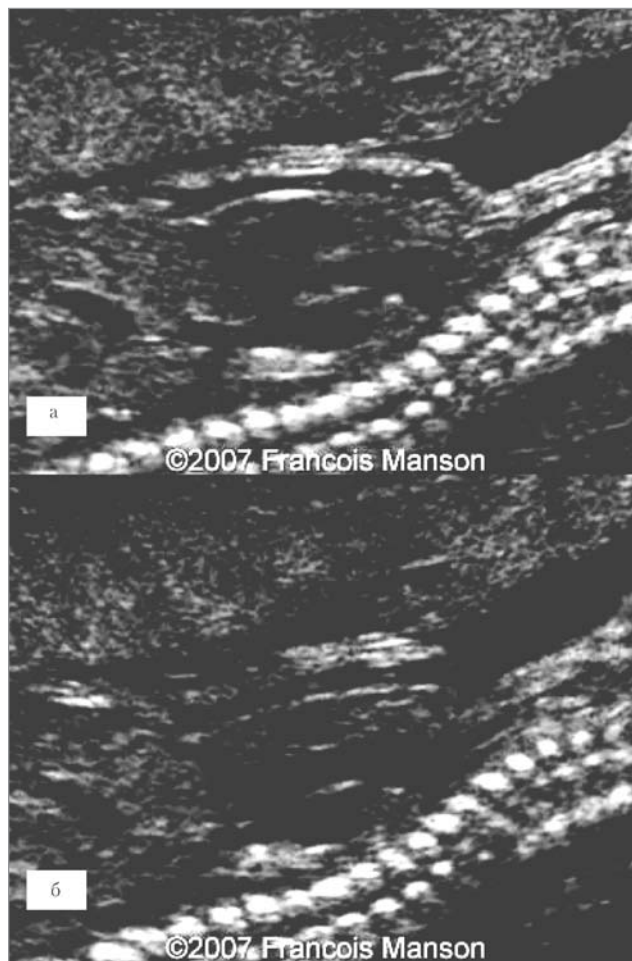


Рис. 11. Рухливість груднини плода

Центри кісткоутворення. Як було вже раніше показано, спочатку осередки осифікації з'являються в рукоятці, а надалі поширюються каудально (рис. 8). Очікується, що вони мають бути посередині груднини. Відповідно, при порівнянні двох сусідніх центрів верхній має бути більшим за нижній. Однак не завжди така звичайна ідеальна послідовність є постійною.

Розвиток центрів кісткоутворення може бути *фізіологічно неодноразовим* (рис. 9). Осередок осифікації визнається асинхронним, якщо він є відсутнім або зменшеним порівняно до сусідніх центрів.

Зазвичай осередки кісткоутворення помітні вздовж середньої лінії груднини, відповідно, мають лінійне розміщення. Тим не менш часто можна помітити *порушення стрункості* розташування цих центрів без будь-яких хворобливих наслідків (рис. 10).

Рухливість груднини. Рухливість груднини плода можна спостерігати на рис. 11 а,б. Зображення одержані в 23 тижні під час гикавки плода (звертає увагу рух нижньої частини груднини всередину одночасно з рухом верхньої частини назовні).

Сусідні структури. Сусідні з грудниною плода структури можна побачити на рис. 12–14. На рис. 12 а бачимо місце з'єднання реберних хрящів на 23 тижні вагітності, на рис. 12 б – осьовий зріз грудної клітини на 22 тижні (звертає увагу безперервність між ребром (R), реберним хрящем (С) та грудниною (стрілки) із центром кісткоутворення). На рис. 12 в парасагітальний зріз показує реберні хрящі безпосередньо перед місцем їх з'єднання із грудниною, на рис. 12 г – тіло грудни-

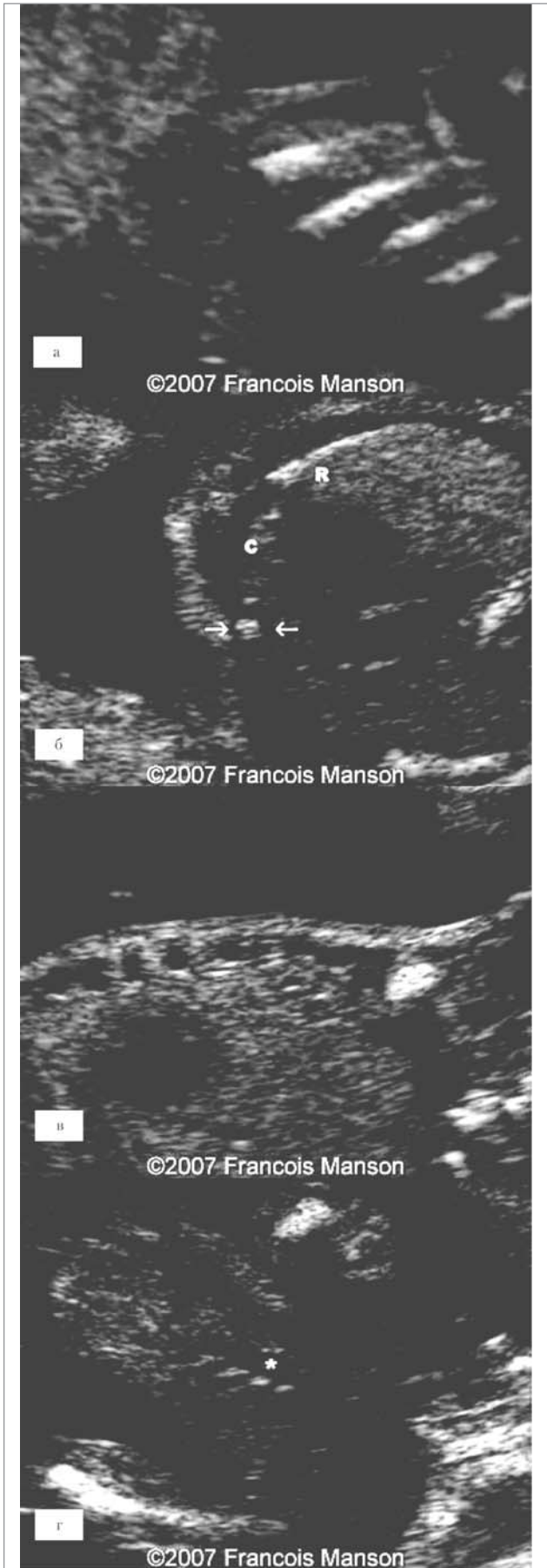


Рис. 12. Допологове УЗД сусідніх структур (пояснення в тексті)

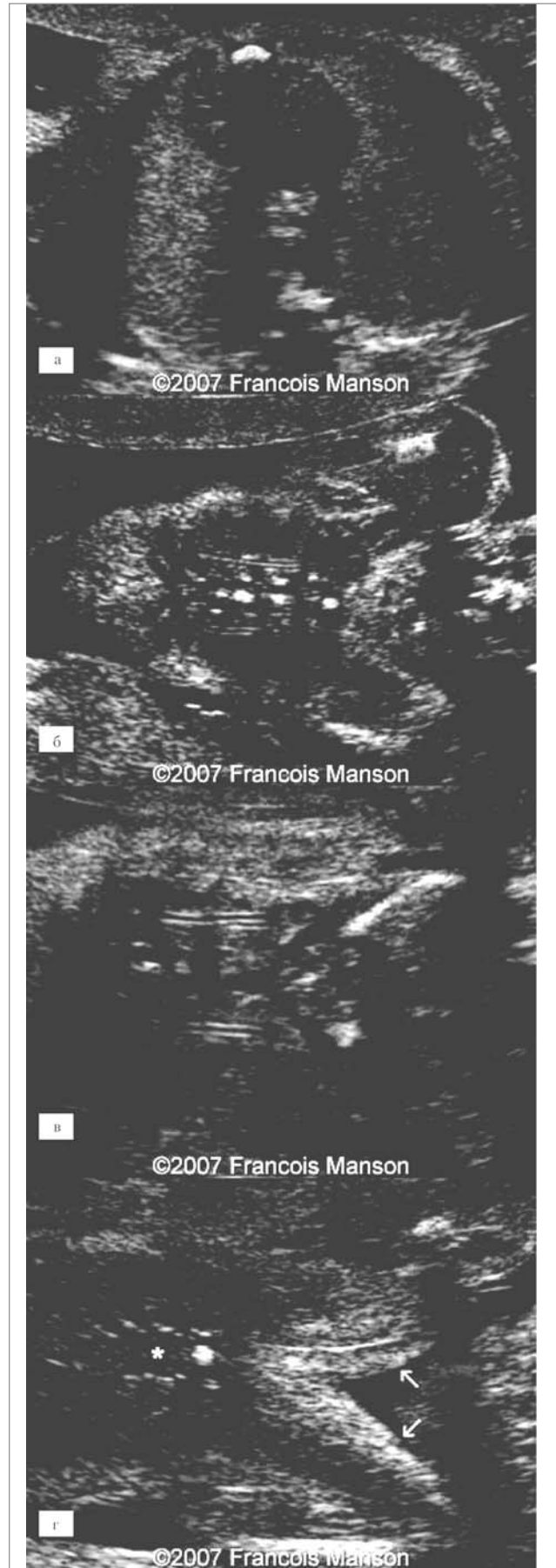


Рис. 13. Допологове УЗД сусідніх структур (пояснення в тексті)

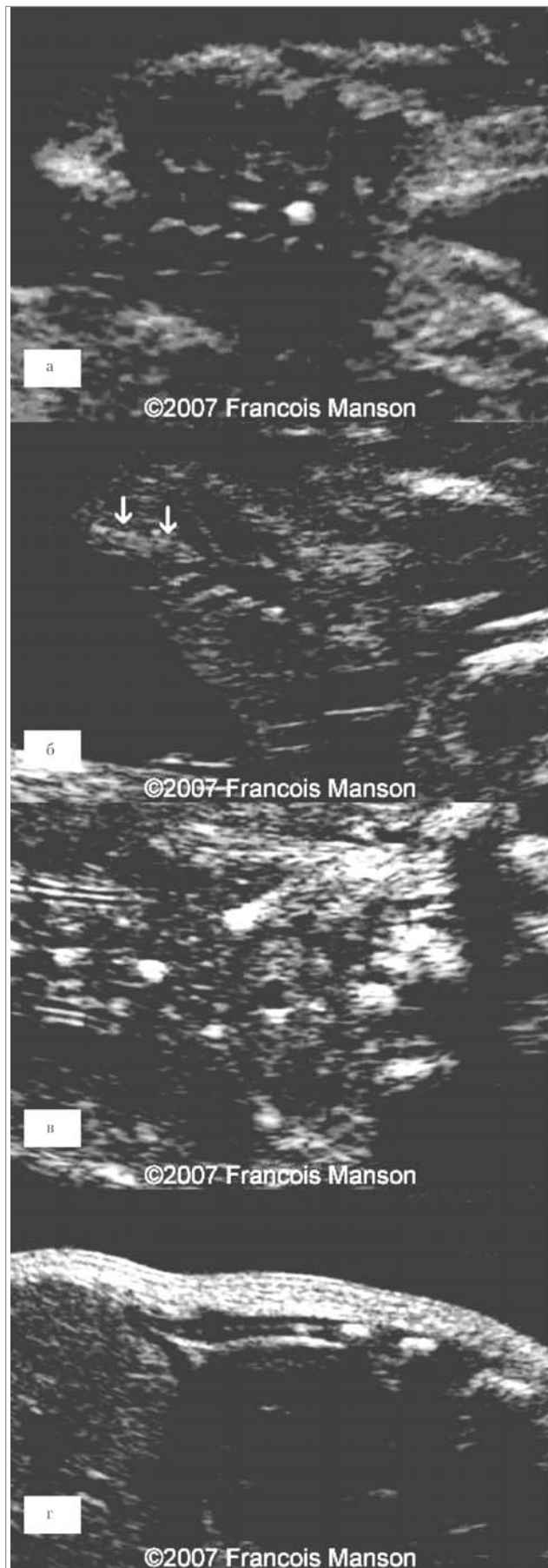


Рис. 14. Допологове УЗД сусідніх структур (пояснення в тексті)

ни (*) на 18 тижні вагітності з гіпоехогенним реберними хрящами, які розділяються незначно ехогенними міжреберними м'язами.

На рис. 13 а представлено рукоятку в контакт з глезою (підгруднинною залозою, thymus) плода. На рис. 13 б показано внутрішні грудні артерії та жили, які помітні як тонкі ехогенні лінії обабіч груднини, одразу поза реберними хрящами (зображення одержано в 22 тижні, але обговорювані будови можна побачити вже з 17 тижня вагітності). На рис. 13 в також представлено внутрішні грудні артерії та жили, які помітні як тонкі ехогенні лінії обабіч груднини, одразу поза реберними хрящами (26 тижнів). На рис. 13 г можемо бачити внутрішні краї m. sternocleidomastoideus (стрілки) (21 тиждень вагітності).

На рис. 14 а, зробленому на 22 тижні вагітності, можна побачити внутрішні краї m. sternocleidomastoideus. Зображення на рис. 14 б одержано в 18 тижнів вагітності; на ньому від нижньої груднинної частини з мечоподібним відростком відходить біла лінія живота (стрілки). На рис. 14 в — яремна виїмка рукоятки (можна помітити гіпоехогенне коло трахеї). На рис. 14 г — сагітальний зріз місця кріплення діафрагми до мечоподібного відростка в 32 тижні (цей зріз може бути корисним для визначення верхнього краю деяких дефектів передньої стінки живота або діафрагмальної киля).

Груднинні вади чи аномалії. Вади розвитку груднини можуть бути самостійною аномалією або входить до складу численних синдромів, при яких залучаються органи та системи [24].

Розколини груднини є рідкими вадами. При цьому верхні щілини є більш частими порівняно до нижніх, а ізольовані центральні розколини є вкрай рідкими [2, 8]. Вони залежать від порушень злуки груднинних пластинок [6]. Таке порушення може бути повним чи неповним, але повні розколини груднини є найменш вірогідною формою [6, 8, 9]. Діагностика щілин груднини можлива пренатально, але частіше вони визначаються при народженні і є асимптомними [6, 11].

Типовою аномалією є наявність подвійних центрів кісткоутворення в рукоятці, розташованих краніо-каудально (замість звичайного положення один біля одного). Це може зустрічатись у трисомії 21, моносомії X та дистрофічної дисплазії (серед низки інших хворобливих станів) [20, 21, 22].

Інші аномалії груднини, пов'язані з моносомією X, включають укорочення стегна, зменшене вигинанням середньої частини груднини співвідношення тіла груднини до рукоятки, також незначне грудне поглиблення (pectus excavatum); після народження — передчасне з'єднання груднини та рукоятки, передчасне злиття складових середньої груднинної частини [21]. Коротка груднина може зустрічатись при трисомії 18 або внаслідок впливу ізотретіноїну (isotretinoin) [13, 24].

Ушкодження нижньої ділянки груднини і відсутність передньої частини діафрагми зустрічається при деяких неповних дефектах передньої черевної стінки, наприклад, при неповній формі пентади Cantrell [3].

Нарешті, вади груднини існують при синдромі PHACES (facial hemangioma — гемангіома обличчя, аномалія задньої черепної ямки, аномалії артерій, aortic coarctation — звуження аорти, eyes anomalies — аномалії очей та sternum malformations — вади груднини), а також при інших численних синдромах [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. The sternum. — http://theodora.com/anatomy/the_sternum.html (2007, October, 30th).
2. Luthra S., Dhaliwal R.S., Singh H. Sternal cleft—a natural absurdity or a surgical opportunity // *J. Pediatr. Surg.* — 2007. — V. 42 (3). — P. 582–584.
3. Increased fetal nuchal translucency as a predictor of Cantrell's pentalogy — case report / Staboulidou I., Wustemann M., Schmidt P., Gunter H.H., Scharf A. // *Z. Geburtshilfe Neonatol.* — 2005. — V. 209 (6). — P. 231–234.
4. Boutiller B., Outrequin G. Sternum. — <http://www.anatomie-humaine.com/Sternum.html> (2007, October, 30th).
5. Trunk Embryology / Grevious M.A., Fritz J.P., Holterman M.J., Rodriguez P. — <http://emedicine.com/plastic/topic217.htm> (2007, October, 30th).
6. Yavuzer S., Kara M. Primary repair of a sternal cleft in an infant with autogenous tissues // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* — 2003. — V. 2. — P. 541–543.
7. Stark P., Jaramillo D. CT of the sternum // *AJR.* — 1986. — V. 147. — P. 72–77.
8. Sternal cleft: a surgical opportunity / Acastello E., Majluf R., Garrido P., Barbosa L.M., Peredo A. // *J. Pediatr. Surg.* — 2003. — V. 38, № 2. — P. 178–183.
9. Complete sternal cleft in adolescence / Karakaya H., Sahin N., Arslan A., Trakya A. // *Int. J. Anesthesiol.* — 2003. — V. 2, № 2.
10. Prenatal ultrasonography and neonatal imaging of complete cleft sternum: a case report / Twomey E.L., Moore A.M., Ein S., McAuliffe F., Seaward G., Yoo S.J. // *Ultrasound in Obstet. Gynecol.* — V. 25, Is. 6. — P. 599–601.
11. Prenatal ultrasonographic findings associated with wide clefting of the upper two thirds of the fetal sternum / Mahone P.R., Sherer D.M., D'Angio C., Woods J.R. Jr. // *Am. J. Obstet. Gynecol.* — 1992. — V. 166 (4). — P. 1219–1221.
12. Early prenatal sonographic appearance of rare thoraco-abdominal evagination / Seeds J.W., Cefalo R.C., Lies S.C., Koontz W.L. // *Prenat. Diagn.* — 1984. — V. 4 (6). — P. 437–441.
13. Limb reduction defects in humans associated with prenatal isotretinoin exposure / Rizzo R., Lammer E.J., Parano E., Pavone L., Argyle J.C. // *Teratology.* — 1991. — V. 44 (6). — P. 599–604.
14. Frequency of sternal variations and anomalies evaluated by MDCT / Yekele E., Tunaci M., Dursun M., Acunas G. // *AJR.* — 2006. — V. 186. — P. 956–960.
15. Surgical reconstruction for absence of sternum and pericardium in a newborn / Kohli V., Nooreyazdan S., Das B.N., Kaul S., Singh J., Parmar V. // *Ind. J. Pediatr.* — 2006. — V. 73, Is. 4. — P. 367–368.
16. Mc Cormick W.F., Nichols M.M. Formation and maturation of the human sternum. Fetal period // *Am. J. Forensic Med. Pathol.* — 1981. — V. 2 (4). — P. 323–328.
17. Syndrome PHACE (S) d'expression Incomplete: Hemangiome facial associe a une agenesie complete d'une artere carotide interne / Monnier D., Pelletier F., Aubin F., Puzenat E., Moulin T., Humbert P. // *Ann. de Dermatol. et de Venereol.* — 2005. — V. 132, № 5. — P. 451–454.
18. Missing sternal ossification center: Potential mimicker of disease in young children / Rush W.J., Donnelly L.F., Brody A.S., Anton C.G., Poe S.A. // *Radiology.* — 2002. — V. 224. — P. 120–123.
- 19a. Kriss V.M. Down syndrome: imaging of multiorgan involvement. // *Clin. Pediatr. (Phila).* — 1999. — V. 38 (8). — P. 441–449.
- 19b. Edwards D.K. 3rd, Berry C.C., Hilton S.W. Trisomy 21 in newborn infants: chest radiographic diagnosis // *Radiology.* — 1988. — V. 167 (2). — P. 317–318.
- 20a. Horns J.W., O'Loughlin B.J. Multiple manubrial ossification centers in mongolism // *Am. J. Roentgenol Radium Ther. Nucl. Med.* — 1965. — V. 93. — P. 395–398.
- 20b. Currarino G., Swanson G.E. A developmental variant of ossification of the manubrium sterni in mongolism // *Radiology.* — 1964. — V. 82. — P. 916.
21. Radiologic abnormalities of the sternum in Turner's syndrome / Mehta A.V., Chidambaram B., Suchedina A.A., Garrett A.R. // *Chest.* — 1993. — V. 104 (6). — P. 1795–1799.
- 22a. Remes V.M., Helenius I.J., Marttinen E.J. Manubrium sterni in patients with diastrophic dysplasia — radiological analysis of 50 patients // *Pediatr. Radiol.* — 2001. — V. 31 (8). — P. 555–558.
- 22b. Currarino G. Double-layered manubrium sterni in young children with diastrophic dysplasia // *Pediatr. Radiol.* — 2000. — V. 30 (6). — P. 404–409.
23. Postnatal development of the human sternum / O'Neal M.L., Dwornik J.J., Ganey T.M., Ogden J.A. // *J. Pediatr. Orthop.* — 1998. — V. 18 (3). — P. 398–405.
24. Zalel Y., Lipitz S. The development of the fetal sternum: a cross sectional sonographic study // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* — 1999. — V. 13. — P. 187–190.

Ультразвуковое исследование грудины плода

F. Manson, Ph. Jeanty

Резюме. Дородовая диагностика такого редкого порока развития как раскол (расщелина) грудины плода требует знания обычного ультразвукового вида грудины плода, ее физиологических и анатомических вариантов. Представлена динамика анатомических изменений грудины, а также ее подвижности и расположения соседних структур в течение беременности.

Ключевые слова: плод, грудина, эмбриогенез, анатомия, ультразвуковое обследование.

Foetal Sternum Ultrasonography

F. Manson, Ph. Jeanty

Summary. A prenatal diagnostics of such a rare congenital malformation as foetal sternoschisis (sternum fissure) requires knowledge of the normal ultrasound picture of foetal sternum and its physiological and anatomic variations. A dynamics of sternal anatomic changes, mobility and neighbouring structure location throughout pregnancy are presented.

Key words: foetus, sternum, embryogenesis, anatomy, ultrasound screening.