

PATHOLOGIE COSTALE DU FOETUS A L'ADOLESCENT

Michel PANUEL, Kathia CHAUMOITRE, Philippe PETIT

Aix-Marseille Université / Assistance Publique – Hôpitaux de Marseille michel.panuel@ap-hm.fr

Introduction

Les anomalies costales du sujet en croissance sont diverses, congénitales ou acquises. Isolées ou intégrées dans un contexte loco-régional ou général, elles peuvent être découvertes fortuitement sur un cliché du thorax, dans un contexte de douleur, de masse pariétale, de détresse respiratoire, de dysmorphie ou encore lors d'un bilan échographique foetal, d'un bilan de maltraitance ou d'une autre pathologie générale.

Les clichés simples peuvent suffire au diagnostic dans bon nombre de cas; parfois, l'imagerie en coupes (échographie, scanner ou IRM) et la scintigraphie sont utiles ou indispensables. L'analyse des côtes est, en fonction du contexte, indissociable de celle des tissus mous de la paroi, de la plèvre et du poumon sous-jacent ainsi que du rachis, du sternum et de la ceinture scapulaire.

1. Du normal au pathologique

L'ossification des côtes chez le foetus est très précoce (9^oSA). Les côtes répondent à une ossification enchondrale avec un noyau cartilagineux antérieur prédominant et un noyau postérieur. La jonction cartilagineuse avec le sternum ne se calcifie pas chez l'enfant. Des noyaux d'ossification secondaire peuvent s'observer chez l'adolescent (tubercule costal, extrémité antérieure de la 12^{ème} côte). Chez le foetus, la partie ossifiée dépasse précocement la moitié de l'hémi-circonférence, ce qui permet de détecter des côtes courtes. La moelle osseuse hématopoïétique reste en quantité importante dans les côtes jusqu'à l'âge adulte.

Numération des côtes

Les côtes sont au nombre de douze de chaque côté. Les côtes surnuméraires peuvent être cervicales ou lombaires uni ou bilatérales. La prévalence exacte d'une côte cervicale est appréciée de façon variable de moins de 1% à près de 8% (!). Cette anomalie ressemble à une première côte thoracique hypoplasique mais au niveau cervical, les processus transverses ont une orientation caudale alors qu'au niveau thoracique, leur orientation est crâniale. Une côte cervicale est asymptomatique dans près de 90% des cas mais peut s'exprimer sous la forme d'une masse cervicale parfois douloureuse chez l'enfant et la reconnaître sur une échographie première est utile. Chez l'adolescent, un syndrome du défilé avec compression vasculo-nerveuse est possible. Une côte cervicale peut survenir isolément ou être associée à l'anomalie de Klippel-Feil (défaut de segmentation des somites cervicaux résultant en une fusion congénitale des vertèbres cervicales).

La constatation de *onze paires de côtes* peut être isolée, observée dans près de 5% de la population mais aussi associée à des syndromes variés. Dans ce cas, l'anomalie de numération des côtes n'est jamais au premier plan ; néanmoins, ce peut être un bon signe d'appel en particulier chez le foetus.

Les principales anomalies sont les suivantes : anomalies chromosomiques (trisomie 18, trisomie 21, dél. 1, disomie uniparentale 14, trisomie 13...), syndrome de Jeune (dysplasie thoracique asphyxiante) et autres syndromes côtes courtes – polydactylie, dysplasie cléido-cranienne (AD, hypoplasie des clavicules et des branches ilio-pubiennes, anomalies de la dentition, fontanelles larges), dysplasie campomélique (AD [SOX9], RCIU avec incurvation et gracilité des membres, hypoplasie des omoplates, ambiguïté sexuelle, dysmorphie faciale), dysostose spondylo-costale (AR, défauts de segmentation vertébrale et costale, troubles respiratoires), atélostéogénèse (I) (AD, léthal, humérus et fémurs très courts, ossification dysharmonieuse du bassin et des extrémités) ou autres syndromes rares (Pena-Shokeir type 2, 3C, FHUF...).

Treize paires de côtes (hormis les côtes cervicales) peuvent également se rencontrer de façon isolée et asymptomatique ou être associées à des syndromes divers mais moins fréquemment que dans le cas de réduction numérique : anomalies chromosomiques (trisomie 8, trisomie 13, trisomie 21, syndrome de Turner, dél. 22q11), Incontinentia pigmenti (lié à l'X, microcéphalie, retard mental, petite taille, anomalies de la peau et des phanères), syndrome d'Aarskog (lié à l'X, petite taille, retard mental, anomalies faciales, digitales et génitales), syndrome de Fryns (AR, hernie diaphragmatique, hypoplasie des phalanges, agénésie du corps calleux), association MURCS (agénésie mullérienne [MU], anomalies rénales [R], anomalies de segmentation vertébrale cervicale [CS]).

Anomalies focales de développement

Les *variations anatomiques de la paroi thoracique antérieure* sont fréquentes et ne présentent dans la

majorité des cas aucun caractère inquiétant (élargissement en palette de l'arc antérieur, bifidité vraie, pseudo-articulations entre deux côtes, anomalies cartilagineuses). Une tuméfaction antérieure asymétrique d'origine cartilagineuse est de diagnostic échographique facile.

L'*hypoplasie costale antérieure* peut être découverte radiologique et isolée mais sa constatation peut orienter vers une anomalie plus sévère (par exemple, un syndrome de Poland).

Les *synostoses postérieures* sont souvent associées à des anomalies rachidiennes et peuvent aussi s'intégrer dans divers syndromes (syndrome de Gorlin ou naevomatose basocellulaire, dysostose spondylo-costale par exemple). Les symphyses costales peuvent aussi être secondaires à un acte chirurgical ou à la pose d'un drain thoracique.

La *côte intra-thoracique* est une rare malformation liée à une bifidité précoce sans réelle conséquence. Elle est facilement différenciable d'un ostéochondrome costal, si besoin par scanner.

Les anomalies congénitales des côtes sont associées de façon significative à la survenue d'une pathologie maligne (leucémie myéloblastique aigüe, tumeurs rénales, hépatoblastome).

2. Maladies osseuses constitutionnelles et déformations thoraciques

De nombreuses maladies osseuses constitutionnelles s'accompagnent d'anomalies costales variées outre les erreurs de nombre. L'expression clinique peut être sévère, incompatible avec la vie par hypoplasie pulmonaire et insuffisance respiratoire ou au contraire sans traduction clinique.

a) Anomalies costales de découverte ante ou périnatale

Le diagnostic d'une maladie osseuse constitutionnelle ayant un retentissement sur la cage thoracique est le plus souvent suspecté à l'échographie antenatale (2ème et 3ème trimestres) mais parfois le diagnostic n'est fait qu'à la naissance devant une détresse respiratoire. Il s'agit d'ostéochondrodysplasies létales à la naissance ou dans les premiers jours de vie en raison de côtes courtes ou inefficaces et une hypoplasie pulmonaire. Le diagnostic précoce est indispensable pour assurer une prise en charge adaptée en accord avec les considérations éthiques (interruption médicale de grossesse, mesures thérapeutiques actives à la naissance ou accompagnement de fin de vie). Les principales étiologies sont :

- **Nanisme thanatophore** avec ou sans crâne en trèfle, dû à une mutation autosomique dominante du gène FGFR3 (Fibroblast Growth Factor 3) groupe de l'achondroplasie. Il s'agit d'un nanisme avec os longs courts et incurvés (fémurs en récepteur de téléphone), métaphyses larges, platyspondylie étagée (vertèbres en H), réduction de la distance interpédiculaire à l'étage lombaire. Les côtes sont courtes et larges, les ailes iliaques petites et carrées. La prévalence est d'environ 1 :50000. En l'absence de diagnostic prénatal et de décision d'interruption médicale de grossesse, la mort survient très rapidement.

- **Ostéogénèse imparfaite**, anomalie constitutionnelle autosomique dominante du collagène présentant de nombreux phénotypes dont certains (types II et III) sont reconnaissables en antenatal et à la naissance avec des os longs courts, larges, fracturés, des vertèbres aplaties, des côtes larges et irrégulières, un crâne faiblement ossifié avec des os wormiens, une ostéopénie marquée. Dans certaines formes à reconnaissance ante ou périnatale, les côtes peuvent néanmoins être normales ou subnormales.

- **Groupe des dysplasies à côtes courtes** avec ou sans polydactylie. Il comprend diverses entités distinctes dont les deux plus fréquentes et compatibles avec la vie sont la dysplasie chondro-ectodermique (maladie d'Ellis - Van Creveld) et la dysplasie thoracique asphyxiante (syndrome de Jeune), les autres types beaucoup plus rares sont léthaux. Ce sont des ciliopathies, de transmission autosomique récessive et de nombreux gènes responsables sont identifiés. Les côtes sont plus ou moins courtes, le toit du cotyle en trident, les os longs sont plus ou moins courts avec anomalies métaphysaires diverses, polydactylie ou non. Des anomalies cardiaques (Ellis- Van Creveld) ou rénales (Jeune) peuvent dominer la scène après la période périnatale.

- **Les dysostoses spondylo-costales** sont un groupe hétérogène de dysostoses avec atteinte prédominante vertébrale et costale. La forme autosomique récessive connue aussi sous le nom de syndrome de Jarcho-Levin est la plus sévère, avec thorax étroit et tronc court, fusion costale en éventail.

- **Autres causes** : dysplasie dyssegmentaire (avec anisospondylie), syndrome cérébro-costomandibulaire(

interruption d'un ou plusieurs arcs costaux), hypophosphatasie (aspect rubané des côtes et ostéopénie marquée), achondrogénèse de type II (nanisme foetal avec défaut d'ossification des corps vertébraux) ...
 - Des **côtes grêles** sont observées de façon physiologique chez le prématuré mais aussi dans des syndromes neuromusculaires (maladie de Werdnig-Hoffmann, myotonie congénitale, myasthénie congénitale...) ou des anomalies chromosomiques (trisomie 8, 13, 18, 21, syndrome de Turner).

b) Anomalies constitutionnelles d'expression plus tardive

De nombreuses affections congénitales retentissent sur les côtes. A titre d'exemple, retenir :

- **Côtes larges et épaisses** : maladies de surcharge (mucopolysaccharidoses, maladie de Gaucher), thalassémie par hyperplasie des espaces médullaires érythropoïétiques, maladie de Caffey (hyperostose corticale infantile), ostéopétrose...

- **Elargissement métaphysaire antérieur** : rachitisme vitamino-résistant (et carenciel), dysplasies métaphysaires (Shwachmann par exemple), dysplasies spondylo-métaphysaires (Kozlowski par exemple), achondroplasie, DIRA syndrome (Deficiency of Interleukin-1- Receptor Antagonist), déficit en ADA (adenosine deaminase) avec syndrome d'immunodéficience combinée sévère...

- **Encoches costales** : elles s'observent dans la neurofibromatose de type I isolées par dysplasie osseuse ou au contact d'une lésion nerveuse ou dans les cas historiques de diagnostic tardif de coarctation de l'aorte.

- **La dysplasie fibreuse des os** touche les côtes aussi bien dans la forme monostotique que polyostotique dans un nombre élevé de cas (30% environ). L'affection est due à une altération de la différenciation ostéoblastique. La présentation radiologique est celle d'une lésion pseudo-tumorale uni ou plurifocale d'expression très variée : lésion lytique, expansive, avec amincissement voire disparition de la corticale, ou plage de condensation variable, du verre dépoli à l'ostéosclérose. La sclérose tubéreuse de Bourneville peut aussi présenter des lésions costales de même type.

c) Déformations thoraciques

- Pectus excavatum ou thorax en entonnoir

Il s'agit d'une anomalie relativement fréquente faite d'une dépression médiane du sternum et d'une voussure marquée des côtes responsable d'une réduction du diamètre antéro-postérieur de la cage thoracique d'aggravation progressive vers l'adolescence. Il peut être isolé, avoir un caractère familial ou être associé à une maladie générale (tissu élastique comme maladie de Marfan ou maladie d'Ehler-Danlos, ostéogénèse imparfaite, syndrome de Turner...). Sur le cliché de thorax de face, il y a un effacement du bord droit du médiastin à ne pas confondre avec une condensation du lobe moyen, piège que l'on peut déjouer devant l'obliquité trop marquée des arcs costaux antérieurs ; l'incidence de profil permet d'apprécier le degré de dépression sternale. Le scanner est utilisé pour quantifier la déformation et à titre de bilan préopératoire.

- Pectus carinatum ou thorax en carène

Les arcs costaux et le sternum présentent une saillie antérieure donnant à la paroi une forme triangulaire. Une cyphose est souvent associée. Cette déformation n'est jamais isolée et se rencontre dans de nombreux syndromes (à titre d'exemple, maladie de Marfan, ostéogénèse imparfaite, maladie de Morquio [MPS IV], dysplasie spondyloépiphysaire congénitale ou dysplasie spondylo-épi-métaphysaire...) et en association avec certaines cardiopathies congénitales.

- Séquence de Poland

La séquence de Poland de survenue sporadique correspond à l'absence ou l'hypoplasie unilatérale du grand pectoral (intéressant le plus souvent sa portion sterno-costale) associée à des anomalies homolatérales de la main, le plus souvent une symbrachydactylie. Des anomalies variables du sein et des 2 à 4^{ème} côtes sont observées. L'absence d'autres muscles de l'épaule est fréquente. La prévalence à la naissance est de l'ordre de 1 à 3 pour 100 000. Il y a une prédominance masculine. De topographie préférentielle à droite, cette affection s'associe souvent à une dextrocardie.

3. Pathologie infectieuse et inflammatoire

L'**ostéomyélite costale** est relativement rare chez l'enfant. Elle peut être secondaire à une atteinte pleuro-pulmonaire de contiguïté ou une dissémination par voie hématogène ou encore être iatrogène. Les germes en

cause sont variés: staphylocoque, streptocoque, BK, candida pour les plus fréquents. Une immunodéficience acquise ou constitutionnelle est souvent mais non toujours sous-jacente.

L'aspect radiologique n'est pas spécifique et peut mimer une lésion tumorale devant une lyse osseuse plus ou moins circonscrite avec apposition(s) périostée(s) et réaction des tissus mous adjacents. L'échographie ou le scanner peuvent guider une ponction.

Le syndrome de Tietze ou atteinte inflammatoire non infectieuse de la jonction choncho-costale antérieure et supérieure, se manifestant par une douleur et une tuméfaction inflammatoire a été décrit chez l'enfant.

4. Pathologie tumorale

Les côtes sont un lieu de prédilection de survenue de lésions tumorales d'agressivité variable. Les étiologies sont variées (tableau). La symptomatologie clinique (découverte fortuite, masse palpable, douleur, voire dyspnée si développement endothoracique important) et le pronostic sont variables selon la nature de la lésion. L'imagerie en coupes (IRM et scanner) est souvent indispensable. Les images observées sont, selon les cas, très évocatrices (comme devant une exostose) ou non spécifiques. Une biopsie percutanée ou chirurgicale est par conséquent souvent indiquée.

Lésions bénignes Lésions malignes

Ostéochondrome (exostose) Sarcome d'Ewing et tumeur d'Askin

Granulome éosinophile (HCL) Fibrosarcome

Dysplasie fibreuse Lymphome

Hamartome mésoenchymateux Autres sarcomes: chondrosarcome, ostéosarcome

Invasion osseuse d'un sarcome des tissus mous

Métastase (rare++)

Hémangiome (et hémangiomatose)

Kyste anévrysmal

Autres: chondrome, ostéome, fibrome, lipome

Les **lésions bénignes** les plus fréquentes sont, outre la dysplasie fibreuse, le granulome éosinophile et l'ostéochondrome. Le granulome éosinophile, localisation osseuse de l'histiocytose langerhansienne se présente souvent comme une lacune circonscrite avec ou sans réaction périostée; plusieurs localisations costales ou sur d'autres pièces squelettiques sont évocatrices mais ne dispensent pas d'une biopsie (dont la cible sera la lésion la plus facilement accessible). L'ostéochondrome isolé ou dans le cadre d'une maladie exostosante peut être asymptomatique, se présenter sous la forme d'une tuméfaction dure localisée ou encore s'exprimer par un épanchement pleural ou un hémithorax. Le diagnostic en est facile devant la continuité de l'os cortical et de l'os spongieux de la côte porteuse au sein de la lésion recouverte elle-même d'une coiffe cartilagineuse plus ou moins visible.

L'hamartome mésoenchymateux est une lésion bénigne, très rare, touchant de façon focale l'ensemble des éléments de la paroi thoracique et intéressant une ou plusieurs côtes qui sont déformées, érodées ou complètement détruites. Des calcifications d'origine cartilagineuse sont fréquentes au sein de la lésion. Le diagnostic anténatal est possible ; l'évolution sans traitement est favorable et il faut se garder d'une chirurgie délabrante chez le très jeune enfant.

La **tumeur maligne** costale la plus fréquente (> 2/3) chez l'enfant et l'adolescent appartient au groupe des tumeurs de la famille Ewing (sarcome d'Ewing, tumeur d'Askin, tumeur neuroectodermique primitive [PNET]) faites de petites cellules rondes et d'anomalies génétiques tumorales spécifiques (translocation du chromosome 22). Le diagnostic peut en être souvent retardé, un épanchement pleural peut masquer la lésion osseuse parfois très discrète. La clinique est aussi trompeuse avec souvent fièvre évoluant par poussées. Le pronostic global en présence de métastases au moment du diagnostic reste inférieur à 30% à 5 ans.

5. Pathologie traumatique

Les fractures costales de l'enfant sont rares dans un contexte de traumatisme banal voire de polytraumatisme contrairement à l'adulte. En revanche, plusieurs fractures costales chez un nourrisson doivent faire suspecter une maltraitance.

Dans le contexte de maltraitance, les fractures de côtes sont fréquentes (jusqu'à 25% des cas selon les séries et de façon préférentielle en dessous de l'âge d'un an. Elles sont en général multiples, sur des côtes contiguës,

souvent bilatérales et parfois symétriques, asymptomatiques dans la majorité des cas. Les niveaux les plus fréquemment touchés vont de la sixième à la onzième côte. Les fractures peuvent être multiples et d'âges différents sur une même côte. Elles sont dues à l'écrasement de la cage thoracique par la ou les mains de l'agresseur et peuvent siéger sur l'arc postérieur, l'arc moyen ou à la jonction chondro-costale antérieure. L'aspect le plus typique et témoin de maltraitance est la fracture incomplète de l'arc postérieur en regard de l'apophyse transverse du corps vertébral par effet de levier. Le diagnostic radiologique sur les clichés de face et en oblique peut être difficile en l'absence de déplacement et n'est souvent porté que secondairement devant l'apparition du cal de fracture.

Pour cette raison et à cause de la spécificité de la lésion, une scintigraphie osseuse ou de nouveaux clichés radiographiques retardés sont justifiés en l'absence d'autre élément permettant un diagnostic certain. Ainsi devant ce type de lésions traumatiques chez le nourrisson, il convient de réaliser un bilan radiologique complet et une imagerie cérébrale.

Il faut mentionner que des fractures peuvent survenir après un traumatisme obstétrical, un massage cardiaque, après kinésithérapie respiratoire pour bronchiolite et dans certains cas de fragilité osseuse constitutionnelle ; mais dans ces situations, la localisation sur l'arc postérieur est exceptionnelle.

Néanmoins, le diagnostic différentiel avec une maltraitance peut être difficile à établir d'autant que les tableaux peuvent être associés.

RETENIR

- ✧ L'analyse attentive et la numération des côtes est obligatoire devant tout cliché du thorax.
- ✧ Une anomalie morphologique des côtes peut orienter vers le diagnostic de nature d'une ostéocondrodysplasie.
- ✧ En dehors de l'ostéocondrome, le diagnostic de nature des lésions tumorales costales sur leur aspect en imagerie est impossible ; une lésion infectieuse et une lésion tumorale peuvent avoir les mêmes signes radiologiques.
- ✧ Les fractures de côtes des arcs postérieurs chez un nourrisson sont fortement évocatrices de maltraitance.

Références

- Anilkumar A, Fender LJ, Broderick NJ, Somers JM, Halliday KE. The role of the follow-up chest radiograph in suspected non-accidental injury. *Pediatr Radiol* 2006; 36:216-8.
- Azouz EM, Saigal G, Rodriguez MM, Podda A. Langerhans' cell histiocytosis: pathology, imaging and treatment of skeletal involvement. *Pediatr Radiol* 2005; 35:103-15.
- Bulloch B, Schubert CJ, Brophy PD, Johnson N, Reed MH, Shapiro RA. Cause and clinical characteristics of rib fractures in infants. *Pediatrics* 2000; 105:E48.
- Calloway EH, Chhotani AN, Lee YZ, Phillips JD. Three-dimensional computed tomography for evaluation and management of children with complex chest wall anomalies: useful information or just pretty pictures? *J Pediatr Surg* 2011; 46:640-7.
- Castriota-Scanderbeg A, Dallapiccola B. *Abnormal Skeletal Phenotypes*. Springer-Verlag, Berlin, 2005, pp 962.
- Chan KH, Gitomer SA, Perkins JN, Liang C, Strain JD. Clinical Presentation of Cervical Ribs in the Pediatric Population. *J Pediatr* 2012 Dec 5. doi:pii: S0022-3476(12)01261-9. 10.1016/j.jpeds.2012.10.048.
- Chang K, Graf E, Davis K, Demos J, Roethle T, Freischlag JA. Spectrum of thoracic outlet syndrome presentation in adolescents. *Arch Surg* 2011; 146:1383-7.
- Chalumeau M, Foix-L'Helias L, Scheinmann P, Zuani P, Gendrel D, Ducou-le-Pointe H. Rib fractures after chest physiotherapy for bronchiolitis or pneumonia in infants. *Pediatr Radiol* 2002; 32:644-7.
- Cosson MA, Breton S, Aprahamian A, Grevent D, Cheron G. [Unusual presentation of rib malformation]. *Arch Pediatr* 2012; 19:1208-11.
- DeRusso PA, Spevak MR, Schwarz KB. Fractures in biliary atresia misinterpreted as child abuse. *Pediatrics* 2003; 112:185-8.
- Donnelly LF, Taylor CN, Emery KH, Brody AS. Asymptomatic, palpable, anterior chest wall lesions in children: is cross-sectional imaging necessary? *Radiology*, 1997; 202:829-31.
- Donnelly LF, Frush DP, Foss JN, O'Hara SM, Bisset GS 3rd. Anterior chest wall: frequency of anatomic variations in children. *Radiology* 1999; 212:837-40.
- Donnelly LF, Frush DP. Abnormalities of the chest wall in pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173:1595- 601.
- Eich GF. Chest wall abnormalities which cause neonatal respiratory distress. In *Radiological imaging of the neonatal chest*. V Donoghue. Springer, Berlin, 2008, pp 347-56.
- Eich GF, Kellenberger CJ, Willi UV. Radiology of the chest wall. In *Pediatric Chest Imaging*. J Lucaya, JL Strife. Springer, Berlin, 2002, pp 265-84.

- Elia D, Fauré C, Ducou le Pointe H. Imagerie de la paroi thoracique. In Imagerie pédiatrique et foetale. Sous la direction de C Adamsbaum. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 2007, pp 464-71.
- Emans JB, Caubet JF, Ordonez CL, Lee EY, Ciarlo M. The treatment of spine and chest wall deformities with fused ribs by expansion thoracostomy and insertion of vertical expandable prosthetic titanium rib: growth of thoracic spine and improvement of lung volumes. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005; 30:S58-68.
- Fefferman NR, Pinkney LP. Imaging evaluation of chest wall disorders in children. *Radiol Clin N Am* 2005;43:355-70.
- Felts E, Jouve JL, Blondel B, Launay F, Lacroix F, Bollini G. Child pectus excavatum: correction by minimally invasive surgery. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009; 95:190-5.
- Gamaletsou MN, Kontoyiannis DP, Sipsas NV, Moriyama B, Alexander E, Roilides E, Brause B, Walsh TJ. Candida osteomyelitis: analysis of 207 pediatric and adult cases (1970-2011). *Clin Infect Dis* 2012; 55:1338-51.
- Glass RBJ, Norton KI, Mitre SA, Kang E. Pediatric Ribs: A Spectrum of Abnormalities. *RadioGraphics*, 2002; 22:87-104.
- Greeley CS, Donaruma-Kwoh M, Vettimattam M, Lobo C, Williard C, Mazur L. Fractures at Diagnosis in Infants and Children With Osteogenesis Imperfecta. *J Pediatr Orthop* 2013; 33:32-6.
- Groom KR, Murphey MD, Howard LM, Lonergan GJ, Rosado-De-Christenson ML, Torop AH. Mesenchymal hamartoma of the chest wall: radiologic manifestations with emphasis on cross-sectional imaging and histopathologic comparison. *Radiology*, 2002; 222:205-11.
- Jakanani GS, Saifuddin A. Percutaneous image-guided needle biopsy of rib lesions: a retrospective study of diagnostic outcome in 51 cases. *Skeletal Radiol*, 2013; 42:85-90.
- Kamano H, Ishihama T, Ishihama H, Kubota Y, Tanaka T, Satoh K. Bifid intrathoracic rib: a case report and classification of intrathoracic ribs. *Intern Med*, 2006; 45:627-30.
- Kaneko H, Kitoh H, Mabuchi A, Mishima K, Matsushita M, Ishiguro N. Isolated bifid rib: Clinical and radiological findings in children. *Pediatr Int*. 2012 May 29. doi: 10.1111/j.1442-200X.2012.03672.x.
- Kim S, Lee S, Arsenault DA, Strijbosch RA, Shamberger RC, Puder M. Pediatric rib lesions: a 13-year experience. *J Pediatr Surg* 2008; 43:1781-5.
- Kimonis VE, Singh KE, Zhong R, Pastakia B, Digiovanna JJ, Bale SJ. Clinical and radiological features in young individuals with nevoid basal cell carcinoma syndrome. *Genet Med*. 2012 Aug 23. doi: 10.1038/gim.2012.96.
- Kurihara Y, Yakushiji YK, Matsumoto J, Ishikawa T, Hirata K. The Ribs: Anatomic and Radiologic Considerations. *RadioGraphics*, 1999; 19:105-19.
- Lachman RS. *Taybi & Lachman's radiology of syndromes, metabolic disorders and skeletal dysplasias*, 5th edn. Mosby, Philadelphia, 2006, pp 1408.
- La Quaglia MP. Chest wall tumors in childhood and adolescence. *Semin Pediatr Surg* 2008, 17: 173-80.
- Maguire S, Mann M, John N, Ellaway B, Sibert JR, Kemp AM; Welsh Child Protection Systematic Review Group. Does cardiopulmonary resuscitation cause rib fractures in children? A systematic review. *Child Abuse Negl* 2006; 30:739-51.
- Mangrulkar VH, Cohen HL, Dougherty D. Sonography for Diagnosis of Cervical Ribs in Children. *J Ultrasound Med* 2008; 27:1083-6.
- Manson D, Diamond L, Oudjhane K, Hussain FB, Roifman C, Grunebaum E. Characteristic scapular and rib changes on chest radiographs of children with ADA-deficiency SCIDS in the first year of life. *Pediatr Radiol* 2012; 24. [Epub ahead of print]
- Merks JH, Smets AM, Van Rijn RR, Kobes J, Caron HN, Maas M, Hennekam RC. Prevalence of rib anomalies in normal Caucasian children and childhood cancer patients. *Eur J Med Genet* 2005; 48:113-29.
- Moore MA, Wallace EC, Westra SJ. The imaging of paediatric thoracic trauma. *Pediatr Radiol* 2009; 39:485-96.
- Mullan CP, Madan R, Trotman-Dickenson B, Qian X, Jacobson FL, Hunsaker A. Radiology of Chest Wall Masses. *AJR*, 2011; 197: W460-W470.
- Restrepo R, Lee EY. Updates on Imaging of Chest Wall Lesions in Pediatric Patients. *Semin Roentgenol* 2012; 47:79-89.
- Shamberger RC, Grier HE. Ewing's sarcoma/primitive neuroectodermal tumor of the chest wall. *Semin Pediatr Surg* 2001; 10:153-60.
- Sirvent N, Kanold J, Levy C, Dubousset J, Zucker JM, Philip T, Demaille MC, Robert A, Vannier JP, Oberlin O. Nonmetastatic Ewing's sarcoma of the ribs: the French Society of Pediatric Oncology Experience. *Eur J Cancer* 2002; 38:561-7.
- Thacker PG, Binkovitz LA, Thomas KB. Deficiency of interleukin-1-receptor antagonist syndrome: a rare autoinflammatory condition that mimics multiple classic radiographic findings. *Pediatr Radiol* 2012; 42:495-8.
- Widhe B, Widhe T, Bauer HCF. Ewing sarcoma of the rib—initial symptoms and clinical features. *Acta Orthopaedica*, 2007; 78: 840-4.
- Zierhut H, Murati M, Holm T, Hoggard E, Spector LG. Association of rib anomalies and childhood cancers. *Br J Cancer* 2011; 105:1392-5.