

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

Right diaphragmatic dome hernia (DDH), a poor prognosis: a challenge, hope and reality- A case report –

Résumé :

La hernie de coupole diaphragmatique (HCD) est une malformation du diaphragme caractérisée par un défaut embryonnaire d'une (ou des deux) coupole(s) diaphragmatique(s)

Le diagnostic est le plus souvent fait lors d'une échographie de dépistage en anténatal.

En cas de forme isolée, L'évaluation prénatale du pronostic postnatal des enfants porteurs de hernie de coupole diaphragmatique (HCD) est nécessaire et elle est plus précise actuellement grâce a facteurs pronostiques : LHR, position du foie et volume pulmonaire total.

Malgré l'amélioration dans les 20 dernières années grâce au diagnostic prénatal du pronostic, aux progrès de la chirurgie et de la prise en charge en réanimation néonatale, Cependant, certains enfants développeront des complications surtout qui ont la forme sévère de la pathologie et/ou l'orifice dans le diaphragme est dans le cote droit .

Méthodologie :

Nous présentons un cas de HCD droite , HCD droites globalement de moins bon pronostic que les hernies gauches , et à travers ce cas on présente les méthodes d'évaluation anténatale , les facteurs pronostiques , Les principales évolutions dans La prise en charge chirurgicale , la prise en charge postnatale immédiate ou le suivi à long terme ainsi l'évolution des recommandations .

Mots clés:

Hernie de coupole diaphragmatique, *Lung over Head Ratio* (LHR), volume pulmonaire total (VPT)

Summary:

Diaphragmatic dome hernia (DCH) is a malformation of the diaphragm characterized by an embryonic defect of one (or both) diaphragmatic dome(s)

31 The diagnosis is most often made during an antenatal screening ultrasound

32 In the case of an isolated form, prenatal evaluation of the postnatal prognosis of children
33 with diaphragmatic dome hernia (DDH) is necessary and is currently more accurate thanks to
34 prognostic factors: LHR, position of the liver and total lung volume.

35 Although the prognosis has improved over the last 20 years thanks to prenatal diagnosis,
36 advances in surgery and management in neonatal intensive care, some children still develop
37 complications, especially those with a severe form of the disease and/or the orifice in the
38 diaphragm is in the right side.

39 **Methodology:**

40 We present a case of right CDH, right CDH overall with a poorer prognosis than left
41 hernias, and through this case we present the methods of antenatal evaluation, prognostic
42 factors, the main developments in surgical management, immediate postnatal management or
43 long-term monitoring and the evolution of recommendations.

44 **Key words:**

45 Diaphragmatic dome hernia, Lung over Head Ratio (LHR), total lung volume (TLV)

46

47 **1. INTRODUCTION :**

48 La hernie de coupole diaphragmatique (HCD) est une malformation congénitale qui concerne
49 1/3500 des naissances vivantes en France .C'est un défaut pendant l'embryogenèse de
50 fermeture du diaphragme sans explication précise de ce defect malgré plusieurs hypothèses
51 embryologiques.

52 elle peut être isolée ou associée à des anomalies génétiques, des formes familiales existent
53 mais restent exceptionnelles, avec un taux de mortalité avoisinant 40 % malgré l'amélioration
54 du pronostic dans les 20 dernières années grâce au diagnostic prénatal qui permet d'organiser
55 au mieux la naissance ; en se basant sur des facteurs pronostiques à l'aide du Lung over Head
56 Ratio (LHR) entre 22 et 28 SA pour la HCD gauche, ou du LHR observé/attendu (LHR o/a)
57 quels que soient le terme pour la HCD gauche et droite , la position du foie et la mesure du
58 volume pulmonaire à l'IRM, sans oublier le progrès de la chirurgie et de la prise en charge en
59 réanimation néonatale grâce à des centres spécialisés dans la prise en charge de cette
60 pathologie dont le premier en France en 2008 par P. de Lagausie (chirurgien pédiatre à
61 l'hôpital de la Timone à Marseille), L. Storme (réanimateur pédiatrique à l'hôpital Jeanne-de-
62 Flandres à Lille) et A. Benachi (gynécologue-obstétricienne à l'hôpital Antoine-Béclère à
63 Clamart), sous le nom : le centre de référence maladie rare : hernie de coupole
64 diaphragmatique.

65 Dans 75% des cas, la HCD est située dans la partie postéro-latérale de la coupole gauche
66 (hernie de Bochdalek), mais l'orifice dans le diaphragme peut se situer à droite ou
67 être bilatéral.

68 **2. PRÉSENTATION DU CAS :**

69 Il s'agit d'une patiente âgée de 24 ans, sans antécédents pathologiques notables, primipare
70 grossesse actuelle de déroulement marquée par découverte d'une HCD droite par son
71 médecin traitant d'où son motif de sa référence chez nous pour complément de prise en
72 charge, chez qui l'examen clinique trouve une patiente consciente stable sur le plan H et R.

73 Examen obstétrical : la hauteur utérine correspondant à l'âge gestationnel, mouvement actifs
74 fœtaux positifs, patiente en dehors du travail, RCF oscillant et réactif.

75 Échographie obstétrical : Grossesse monofoetale évolutive, présentation céphalique
76, biométrie satisfaisante, sur le plan morphologique :

- 77 • Cerveau, face et rachis sans particularités,
- 78 • Thorax : cœur dévié à gauche, à droite présence des structures intestinales et
79 localisation intra thoracique d'une grande partie du foie (figure 1), pas
80 d'individualisation de parenchyme pulmonaire droit avec un petit parenchyme
81 pulmonaire gauche dont la surface est estimée à 4,42 cm² (figure 2).
- 82 • un estomac central (figure 3).
- 83 • le tout évoquant une HCD droite.

84 Une IRM fœtale a été réalisée objectivant : hernie diaphragmatique droite avec localisation
85 intrathoracique d'une grande partie du foie et de quelques anses digestives qui refoulent le
86 cœur et les structures médiastinales à gauche. Individualisation difficile d'une languette de
87 poumon droit supérieure et postérieure avec un volume estimé à 0,77 cm³, le poumon gauche
88 est refoulé par l'hernie avec un volume résiduel estimé à 17,90 cm³, ainsi le volume
89 pulmonaire total est évalué à 18,67 cm³.

90 La patiente a été programmée pour une voie haute pour bassin chirurgical, avec extraction
91 d'un fœtus de sexe masculin avec poids de naissance à 3500 g, décédé à H2 de vie.

92 Les suites simples.

93

94

95

96



97

98

99

Figure 1 : présence des structures intestinales et localisation intra thoracique d'une grande partie du foie

100



101

102

Figure 2 : surface pulmonaire gauche



103

104 Figure 3 : image échographique montrant un estomac central comme signe indirect d'une
 105 HCD droite.

106

107 **3. DISCUSSION**

108 **3.1 Définition**

109 Un défaut très précoce de fermeture du diaphragme qui touche 1/3500 des naissances vivantes
 110 en France (A. Benachi et al.2020 pdf] , cette malformation peut toucher une ou les deux
 111 coupes diaphragmatiques avec une prédominance dans la partie postéro-latérale gauche
 112 dans 75 % des cas .

113 ascension des viscères abdominaux dans la cage thoracique à travers l'orifice pendant la vie
 114 fœtale peut être responsable d'une altération du développement et de la physiologie
 115 pulmonaire .

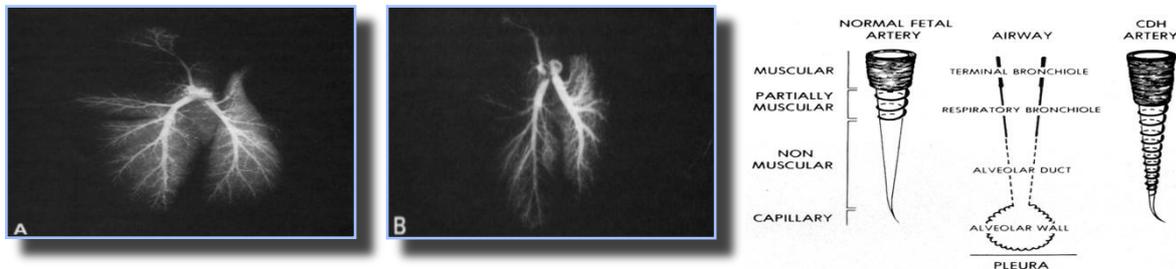
116 **3.2 Physiopathologie**

117 Au cours de la vie fœtale, l'épithélium pulmonaire produit un liquide qui joue un rôle dans le
 118 développement des poumons qui seront remplis ainsi les futurs espaces aériens .

119 La croissance et la maturation des poumons nécessite la rétention de ce liquide pour garder un
 120 état d'expansion .

121 La présence d'une HCD altère cet équilibre dans le développement pulmonaire à cause des
 122 viscères abdominaux qui modifient les facteurs physiques obligatoires pour un bon
 123 développement pulmonaire à savoir : Le liquide intra-pulmonaire, Les
 124 mouvements respiratoires fœtaux, La pression intra-pulmonaire, l'espace intra-thoracique avec
 125 comme conséquences : une division bronchique anormale, surface vasculaire totale réduite

126 (figure 4),(Kitagawa et al 1971), une hyper-muscularisation des artéριοles pré-acinaires
 127 (figure 5) ,le tout évoluant vers une hypoplasie pulmonaire et l'hypertension artérielle
 128 pulmonaire à des degrés divers pouvant expliquer la variabilité dans des symptômes à la
 129 naissance des enfants porteurs de HCD, dont certains sont très graves et aboutissent à un décès
 130 de l'enfant dans les premières heures de vie, alors que d'autres sont compatibles avec une vie
 131 normale après un traitement chirurgical (Adzick NS et al. 1995;20:357—61.)



132

133 **Figure 4** : surface vasculaire : A/normale B/réduite (HCD) **Figure 5** : Hyper-muscularisation des artéριοles

134

135 **3.3 Diagnostic :**

136 Le diagnostic est le plus souvent fait lors d'une échographie de dépistage en anténatal
 137 idéalement par un échographiste expérimenté afin de rechercher la présence éventuelle
 138 d'anomalies associées (40%) et d'évaluer le pronostic.

139 L'échographie permet aussi de préciser de quel côté la HCD existe, droit ou gauche sachant
 140 que HCD droite est de mauvais pronostic d'emblée et de diagnostic difficile, le cas de notre
 141 patiente.

142 **HCD gauche**

143 Signes indirects

- 144 – Déviation du cœur à droite
- 145 – Image liquidienne intra-thoracique
- 146 – Estomac non vu dans l'hypochondre Gauche.
- 147 • Coupole gauche non vue : En totalité ou partiellement
- 148 • Contenu de la hernie : Estomac, grêle, colon, foie, rate

149 **HCD droite**

- 150 • Diagnostic plus difficile
- 151 – Cœur dévié mais à gauche
- 152 – Ascension de la masse hépatique ≠ parenchyme pulmonaire (Doppler couleur)
- 153 • Coupole droite non vue en totalité ou partiellement

154 • Contenu de la hernie : Foie, anses digestives, rein.

155

156 **3.4 Évaluation du pronostic :**

157 L'association de la HCD à une ou plusieurs malformations ou anomalies des chromosomes
158 grève le pronostic qui est le plus souvent sombre ,c'est pour cette raison il faut chercher le
159 caractère isolé ou non de cette malformation par la réalisation d'un caryotype et une imagerie
160 par résonance magnétique (IRM) fœtale.

161 Détermination du côté aussi de la hernie est importante vu que le côté droit est de mauvais
162 pronostic

163 En cas de forme isolée, et afin d'entamer une discussion claire avec les parents une
164 évaluation pronostique est nécessaire et elle est possible actuellement en prénatal à partir des
165 données échographiques et IRM.

166 En fonction du pronostic, le parcours de soin sera défini par l'équipe médicale
167 pluridisciplinaire dans une maternité adaptée aux besoins du nouveau-né surtout avec des
168 centres spécialisés dans la prise en charge de cette pathologie .

169 Les différents éléments intervenant dans l'élaboration du pronostic des HCD isolées sont
170 actuellement : le Lung over Head Ratio (LHR) , la position du foie, la mesure du volume
171 pulmonaire à l'IRM.

172 **3.4.1 LHR :**

173 la surface du poumon controlatéral à la HCD sur une coupe de quatre cavités du cœur
174 ,rapportée au périmètre crânien (Figure 6) (Metkus AP et al 1996;31:148—52,A. Benachi 1 et al
175 [0.1016/j.rmr.2010.12.011](https://doi.org/10.1016/j.rmr.2010.12.011)): une série d'études a permis la validation du LHR comme
176 marqueur pronostique dans la prédiction prénatale de la survie ainsi que de la morbidité
177 postnatale à court terme de fœtus atteint de HCD (Jani J et al ,2004;39:319—23). Il est
178 mesuré entre 22 et 28 SA pour les HCD gauches.

179

180

181

182

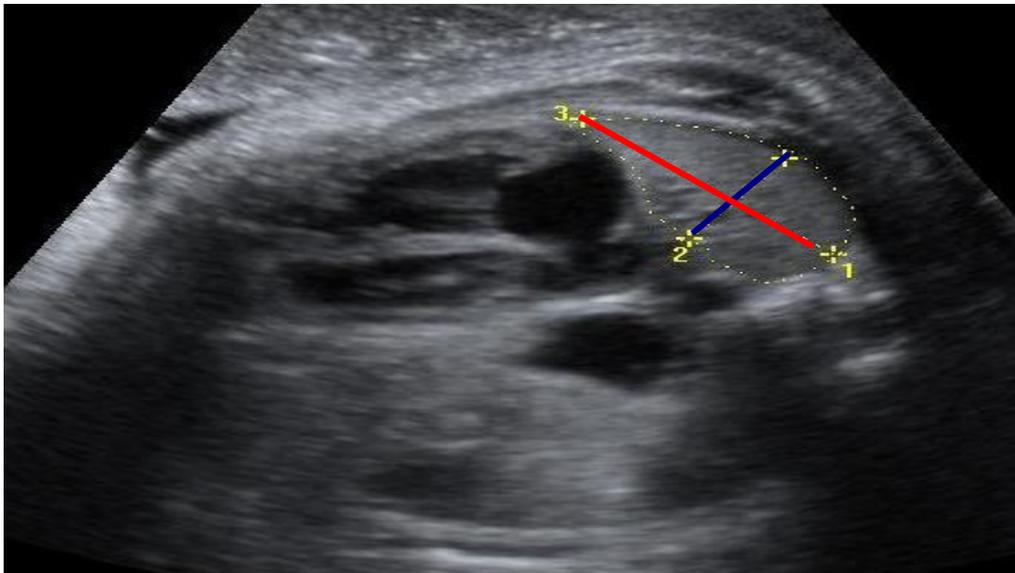
183

184

185

186

187



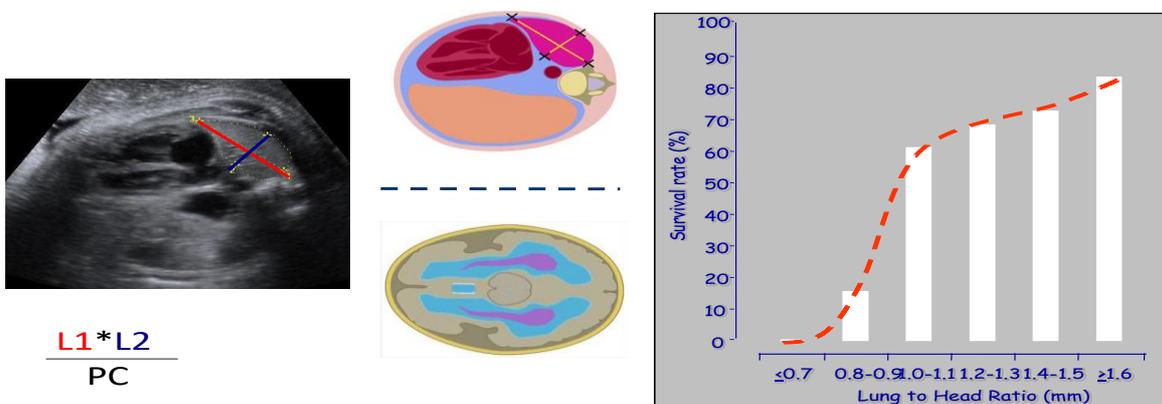
188

189 Figure 6: Mesure du Lung over Head Ratio (LHR). Sur une coupe de quatre cavités, mesure de la plus grande
 190 longueur (L1) multipliée par la plus grande largeur (L2) et rapportée au périmètre céphalique (PC) ($L1 \times L2 / PC$)

191 La mesure du LHR n'a pas été validée pour les HCD droites qui sont globalement de moins
 192 bon pronostic que les hernies gauches (Hedrick HL et al 2004;39:319—23) , C'est exemple de
 193 notre cas.

194 Pour un LHR donné et le taux de survie sont respectivement : LHR inférieur à 1, inférieur à
 195 15 %, LHR entre 1 et 1,3, environ 65 %, LHR entre 1,4 et 1,6, environ 80 %. (Figure 7)

Lung Head Ratio



196

197

Figure 7 : taux de survie en rapport avec LHR .

198 Ce LHR doit être rapporté au LHR attendu pour l'âge gestationnel (LHR o/a =
199 observé/attendu) ,parce qu'il a été montré que le LHR était dépendant de l'âge gestationnel
200 auquel il a été mesuré et par conséquent le LHR observé/attendu (o/a) a été introduit ce qui a
201 permis d'obtenir une méthode d'évaluation de la surface pulmonaire indépendante de l'âge
202 gestationnel à la mesure. il est mesuré à partir de 22SA et jusqu'à terme, pour les HCD
203 gauches et droites.

204 Pour un LHR o/a inférieur à 15%, le taux de survie est quasi nul, LHR o/a entre 15 et 25 %,
205 inférieur à 20 %, LHR o/a entre 26 et 45 %, environ 65 % et supérieur à 45 %, environ 90 %.
206 (Figure 8) .

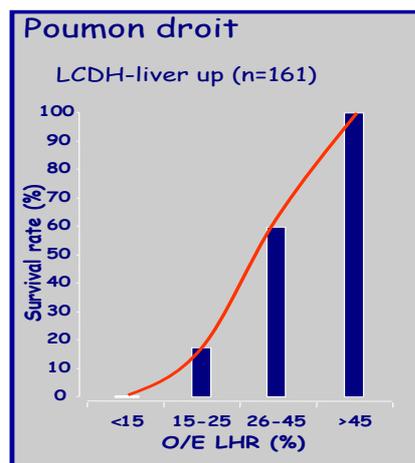
207 Chez notre patiente ce LHR était , à titre d'exemple , à :

- 208 • 0,315 à 28 SA ,donc LHR o/a (observé/attendu) est estimé à 11,58 %
- 209 • 0,46 à 38 SA+ 5 jrs, donc LHR o/a (observé/attendu) est estimé à 9,6 % .
- 210 • donc LHR o/a est toujours inférieur à 15%, c'est un mauvais pronostic puisque le taux
211 de survie est quasi nul .

212 Le calcul du LHR répond à des critères de mesure stricts et nécessite un temps
213 d'apprentissage (Cruz-Martinez R et al , 2010;36:32—6).

214

LHR (o/e): Prediction de la survie des HCD



215 \

Jani et al 2007

216

Figure 8 : prédiction de la survie selon LHR o/a

217

218

219

220 **3.4.2 volume pulmonaire total (VPT)**

221 la mesure des deux poumons par IRM , controlatéral et ipsilatéral à la HCD, peut être obtenue
222 et être mesurée de façon précise ce qui n'est pas le cas pour la mesure du poumon ipsilatéral en
223 échographie 3D ou 2D pour LHR.

224 La mesure du volume pulmonaire à l'IRM est maintenant passée en pratique courante
225 (Mahieu-Caputo D et al, 2001;108:863—8) .

226 Comme pour la mesure du LHR o/a, on note une diminution importante de la survie dans le
227 groupe d'enfants dont le volume o/a à l'IRM est inférieur à 25 %.

Hôpitaux
universitaires
Paris-Sud

Principe de la mesure du volume pulmonaire relatif

Her
vie
de
couple
diagnostique



Volume pulmonaire fœtal OBSERVE
(Foetus à risque d'hypoplasie pulmonaire)

Volume pulmonaire fœtal ATTENDU
(Foetus normaux au même âge gestationnel)

Foetus avec le même
âge gestationnel

228

229 **Figure 9 : principe du volume pulmonaire total**

230

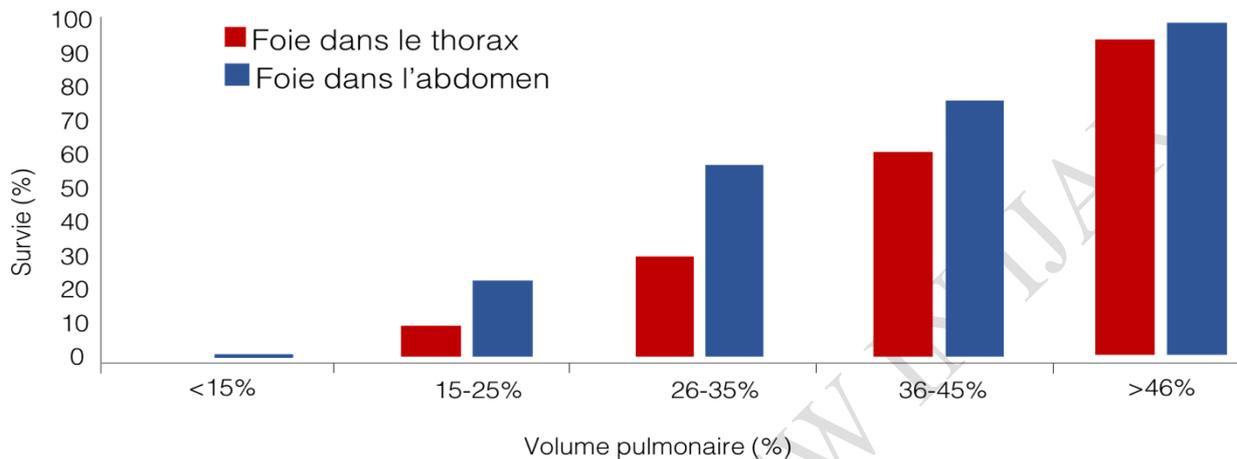
231 **3.4.3 la position du foie**

232 la position du foie en intrathoracique évaluée en prénatal, a été corrélée ,en plus de LHR o/a ,
233 à des indicateurs de morbidité durant la période postnatale. C'est pour cette raison est
234 considéré comme facteur pronostique malgré que la précision d'herniation reste difficile à
235 l'échographie vu que le foie peut être ascensionné à différents degrés.

236 Mais actuellement et depuis l'étude de Cannie et al.en 2008 (2008;32:627—32.), une
237 évaluation de l'ascension du foie en IRM semble être prometteuse.

238 Pour un même volume pulmonaire mesuré, lorsqu'une partie du foie est herniée dans le
239 thorax, le pronostic est moins bon (Figure 10)

240
241
242
243
244

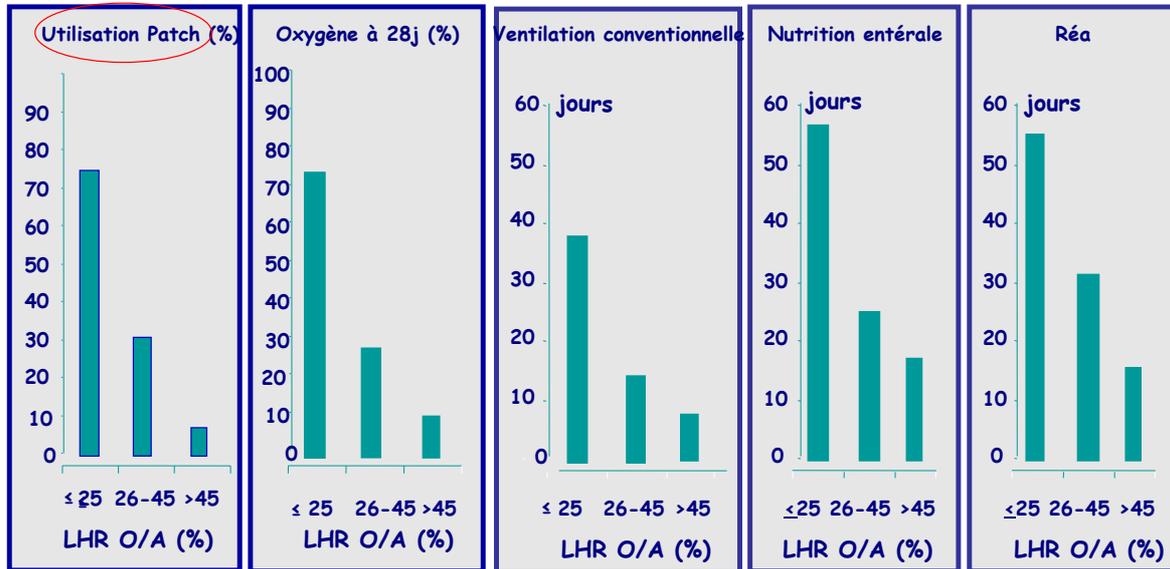


245

246 Figure 10 : la survie selon la position du foie pour même volume pulmonaire

247 La morbidité des enfants porteurs de HCD est importante et corrélé a des facteurs
248 pronostiques sus-cités , dont LHR o/a est en premier lieu ,Ainsi, quand le LHR o/a est
249 inférieur ou égal à 25 %, une réparation primaire du diaphragme en postnatal n'a lieu que
250 dans 25 % des cas alors qu'elle a lieu dans presque 92 % des cas quand le LHR o/a est
251 supérieur à 45 %. Le LHR o/a était également un marqueur prédictif de la durée de la
252 ventilation assistée en postnatal, du besoin en O2 à 28 jours de vie ainsi que de l'âge de
253 l'alimentation entérale totale (figure 11) .

LHR (o/e): prediction de la morbidité



Jani, Benachi 2008

254 :

255 Figure 11 : la morbidité en post natale selon le taux de LHR o/a.

256 Dans la littérature d'autres facteurs pronostiques sont évalués , dont l'évaluation doppler de
 257 la vascularisation pulmonaire mais ne sont pas réalisables en routine et restent du domaine de
 258 la recherche (Ruano R et al, 2006;195:1720—8), introduction du volume du corps fœtal ou le
 259 poids fœtal dans un algorithme pour permettre le calcul du volume pulmonaire relatif
 260 indépendamment de l'âge gestationnel par Cannie et al. en IRM(2006;241:847—
 261 53 ;2008;247:197—203)et Ruano et al. en échographie(2008;190:1216—9.), avec une
 262 évaluation non invasive de la microstructure pulmonaire en IRM mais reste encore peu
 263 étudiée. (Cannie et al.2009;34: 678—86.)

264 3.5 Prise en charge :

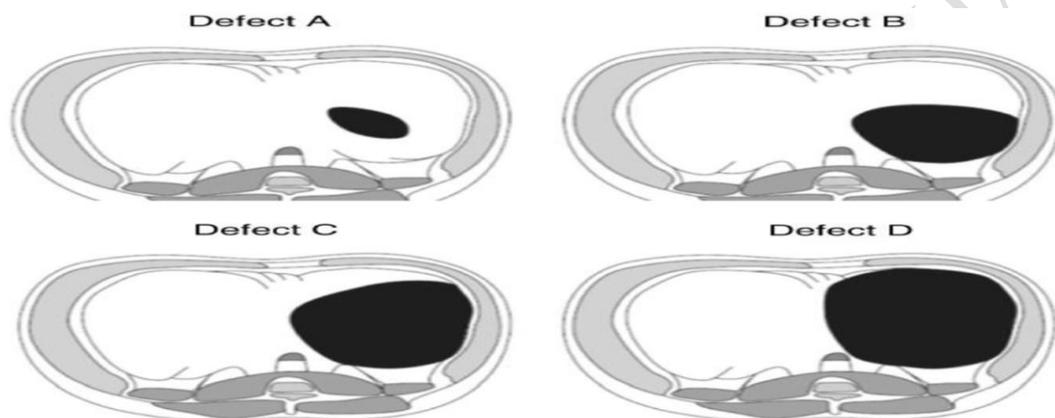
265 Historiquement, la première intervention réalisée pour traiter cette malformation en 1990
 266 par l'équipe de Harrison était in utero à utérus ouvert ,le fœtus est extrait en partie afin
 267 d'être opéré puis réintégré et l'utérus suturé après restitution du liquide amniotique. Cette
 268 technique est abandonnée en 1997 .

269 Ensuite s'est développée la technique d'occlusion trachéale au fœtus par l'endoscopie
 270 permettant de placer un ballon détachable en dessous des cordes vocales qui permet de
 271 favoriser la croissance pulmonaire mais ce traitement n'est pas parfait, seuls 50 % des enfants
 272 survivront, avec une morbidité non nulle. Pour l'instant, en France, la technique n'est

273 proposée qu'à des enfants pour laquelle le taux de survie est de 15 % et l'indication de mise en
274 place de ce ballonnet doit être réservée à des centres experts de l'évaluation anténatale et de
275 cette technique.

276 La prise en charge postnatale n'est en rien modifiée par le traitement in utero, qui commence
277 par une organisation de la naissance dans une maternité adaptée avec une
278 réanimation néonatale qui recevra le bébé pour évaluation et stabilisation avant d'être opéré.

279 Cette stabilisation pourra prendre plus de temps selon la forme clinique de HCD, et la
280 technique chirurgicale dépend de la taille du defect qui classe HCD en 4 types (figure 12),
281 soit une fermeture directe soit à l'aide d'une plaque prothétique.



282

283 **Figure 12: Classification du defect HCD selon le consensus international**

284 A : défaut de petite taille avec présence de toutes les berges musculaires
285 B : défaut < 50% du diaphragme avec absence d'une berge postéro-latérale

286 C : défaut > 50% mais < 100%
287 D : absence complète du diaphragme (agénésie diaphragmatique)

288 Dans notre formation, service de la gyneco-obstetrique 2 CHU Hassan II de Fès Maroc, en
289 prénatal on a jamais eu l'occasion de faire le traitement in utero (pose de ballonnet), mais le
290 diagnostic et le suivi se fait dans une unité spéciale, présidée par Pr H. Chaaara, et la prise en
291 charge post natal se fait par une équipe de la réanimation néonatale pour évaluation et
292 stabilisation avant d'être opéré par une équipe de chirurgie pédiatrique, dans l'attente de créer
293 un centre spécialisé pour prise en charge des enfants porteurs de cette malformation.

294 **3.6 Le suivi à long terme**

295 le devenir à long terme est mal connu et divers d'un enfant à un autre d'où l'intérêt d'un suivi
296 spécialisé pluridisciplinaire à intervalle régulier selon la mise à jour du plan national français
297 de diagnostic et de soins (PNDS) (A. Benachi, 2020, pdf) : Évaluation alimentaire
298 ,évaluation statur pondérale, évaluation neuro sensoriel, évaluation orthopédique, évaluation
299 respiratoire, vaccination et prophylaxie et le soutien psychologique, sans oublier l'intégration
300 des malades dans des associations.

301

302

303 **3.7. Principales recommandations** : Selon les actualités PNDS en septembre 2020
304 (A.Benachi,2020)

- 305 • Evaluation anténatale : mesure du LHR entre 22et 28SA pour les HCD gauches, et/ou
306 mesure du LHR o/a à partir de 22SA et jusqu'à terme, pour les HCD gauches et droites.
307 • Position du foie .
308 • Une IRM fœtale, idéalementréalisée entre 26 et 28 SA permet d'obtenir une mesure du
309 volume pulmonaire total (VPT) qui sera lui aussi rapporté à la valeur attendue pour
310 l'âge gestationnel (VPT o/a) .
311 • La mise en place *in utero* d'un ballonnet intra trachéal dans un centre expert pour la
312 forme sévère de la pathologie.
313 • Le déclenchement de la naissance à 39 SA semble être associé à un meilleur pronostic,
314 sans indication à une césarienne pour cela.
315 • La prise en charge postnatale immédiate selon les recommandations en vigueur :
316 utilisation de la milrinone , utilisation de la prostaglandine E1 , traitement de l'HTAP ,
317 et l'allaitement maternel...
318 • La chirurgie devra être réalisée dès que la stabilisation de l'état cardiorespiratoire de
319 l'enfant est obtenue (pression artérielle moyenne normale pour l'âge; saturation
320 préductale en O2 entre 85-95% ; diurèse > 1 ml/kg/h ; lactates < 3 mmol/l ; pressions
321 pulmonaires non supra- systémiques) après concertation entre les réanimateurs et les
322 chirurgiens.
323 • Un suivi pluridisciplinaire spécialisé tout au long de l'enfance/adolescence .

324 **4. CONCLUSION**

325 La hernie de coupole diaphragmatique concerne 1/3500 des naissances vivantes en France,
326 ce qui correspond à environ 300 nouveaux cas par an. L'évaluation prénatale du pronostic
327 postnatal des enfants porteurs de hernie de coupole diaphragmatique (HCD) s'est améliorée
328 au cours ces dernières années, avec amélioration de la prise en charge en
329 réanimation néonatale ainsi le progrès de la chirurgie ce qui a amélioré le taux de survie des
330 enfants porteurs d'une HCD qui est actuellement en France d'environ 70%, toutes formes
331 confondues , cependant, certains enfants développeront des complications.

332 Des projets de recherche sont en cours, comme par exemple l'évaluation de la réanimation
333 à cordon intact dans le cadre d'une étude randomisée multicentrique nationale (Étude CHIC) .

334

335

336

337

338

339

5. REFERENCES

340

1. Adzick NS, Harrison MR, Glick PL, et al. Diaphragmatic hernia in the fetus: prenatal diagnosis and outcome in 94 cases. *J Pediatr Surg* 1995; 20:357—61.

341

342

2. A. Benachi¹, N. Panait², J. Bounobva³, L. Storme⁴, S. Mur^{5*}. Quoi de neuf dans la prise en charge de la hernie de coupole diaphragmatique congénitale. Que retenir de la mise à jour du plan national de diagnostic et de soins (PNDS) ?

343

344

345

3. A. Benachi^{a,*}, J. Saada^{a,b}, J. Martinovic^{b,c}, P. de Lagausie^{b,d}, L. Storme^{b,e}, J. Janidoi:10.1016/j.rmr.2010.12.011 Hernie congénitale du diaphragme : prise en charge anténatale Congenital diaphragmatic hernia: Antenatal care .

346

347

348

4. Cannie M, Jani J, De Keyzer F, et al. Fetal body volume: use at MR imaging to quantify relative lung volume in fetuses suspected of having pulmonary hypoplasia.

349

350

Radiology 2006;241:847—53.

351

5. Cannie M, Jani J, Chaffiotte C, et al. Quantification of intrathoracic liver herniation by magnetic resonance imaging and prediction of postnatal survival in fetuses with congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008;32:627—32.

352

353

6. Cannie M, Jani J, Van Kerkhove F, et al. Fetal body volume at MR imaging to quantify total fetal lung volume — normal ranges. *Radiology* 2008;247:197—203.

354

355

7. Cannie M, Jani J, De Keyzer F, et al. Diffusion-weighted MRI in lungs of normal fetuses and those with congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet Gynecol*

356

357

2009;34: 678—86.

358

8. Cruz-Martinez R, Figueras F, Moreno-Alvarez O, et al. Learning curve for lung area to head circumference ratio measurement in fetuses with congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2010;36:32—6.

359

360

361

9. Hedrick HL, Crombleholme TM, Flake AW, et al. Right congenital diaphragmatic hernia: prenatal assessment and outcome. *J Pediatr Surg* 2004;39:319—23.

362

363

10. Jani J, Keller RL, Benachi A, et al. Prenatal prediction of survival in isolated left-sided diaphragmatic hernia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006;27:18—22.

364

365

11. Kitagawa, *Br J Surg* 1971, Naye, *Pediatrics* 1976, Geggel, *J Pediatr Surg* 1985

366

12. Mahieu-Caputo D, Sonigo P, Sonigo P, et al. Fetal lung volume measurement by magnetic resonance imaging in congenital diaphragmatic hernia. *BJOG*

367

368

2001;108:863—8

369

13. Metkus AP, Filly RA, Stringer MD, et al. Sonographic predictors of survival in fetal diaphragmatic hernia. *J Pediatr Surg* 1996;31:148—52.

370

371

14. Ruano R, Aubry MC, Barthe B, et al. Quantitative analysis of fetal pulmonary vasculature by three-dimensional power Doppler ultrasonography in isolated congenital diaphragmatic hernia. *Am J Obstet Gynecol* 2006;195:1720—8.

372

373

15. Ruano R, Aubry MC, Dumez Y, et al. Predicting neonatal deaths and pulmonary hypoplasia in isolated congenital diaphragmatic hernia using the sonographic fetal lung volume-body weight ratio. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1216—9.

374

375

376

377